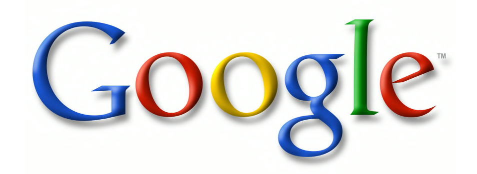
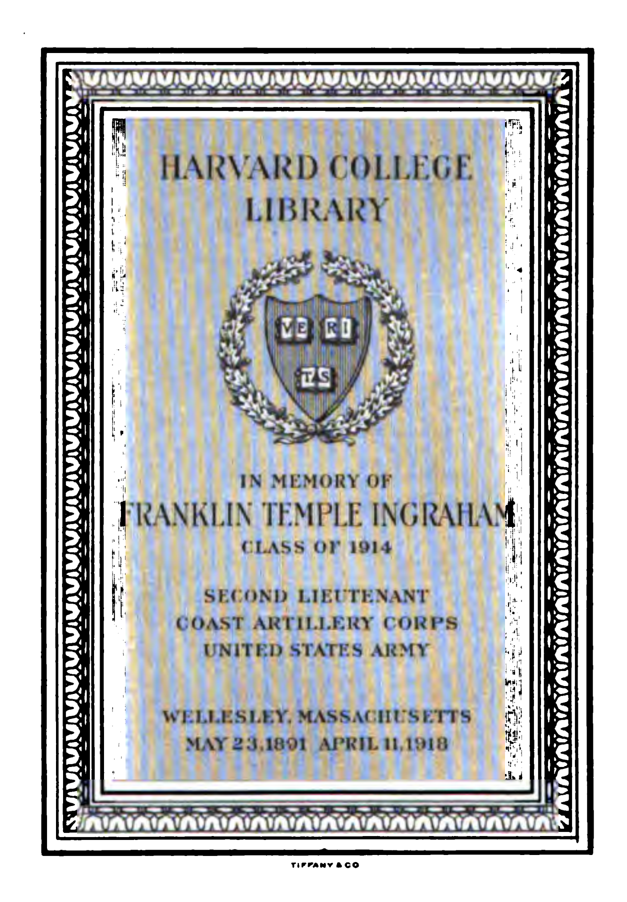



HARVARD COLLEGE
LIBRARY
VE RI TAS
IN MEMORY OF
FRANKLIN TEMPLE INGRAHAM
CLASS OF 1914
SECOND LIEUTENANT
COAST ARTILLERY CORPS
UNITED STATES ARMY
WELLESLEY, MASSACHUSETTS
MAY 23,1891 APRIL 11,1918

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

Begründet unter Mitwirkung von **Ernst Mach** und **Bernhard Schwalbe.**

In Verbindung mit

A. Höfler in Wien, **O. Ohmann** und **H. Hahn** in Berlin

herausgegeben

von

F. Poske.

Sechzehnter Jahrgang.

1903.

Mit zahlreichen Textfiguren und einer astronomischen Tafel.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1903.

Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Inhalts-Übersicht.

* bedeutet „Kleine Mitteilung". Die mit kleinerer Schrift und in fortlaufendem Text aufgeführten Titel beziehen sich auf Berichte, die davorgesetzten Ziffern auf die entsprechenden Unterabteilungen der Berichte.

Allgemeines.

Himmelskunde und astronomische Geographie.

Physik.

1. Mechanik der drei Aggregatzustände.

2. Schall.

3. Wärme.

4. Licht.

Chemie.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Programm-Abhandlungen.

Versammlungen und Vereine.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Korrespondenz.

An den Berichten haben mitgearbeitet die Herren: F. Adami (Hof i. B.), H. Böttger (Berlin), B. von Czudnochowski (Berlin), P. Gerber (Stargard), E. Grimsehl (Hamburg), H. Hahn (Berlin-Grunewald), R. Hennig (Berlin), R. Heyne (Berlin), Höhnemann (Landsberg a. W.), H. Jahn (Berlin), H. Keferstein (Hamburg), F. Körber (Berlin-Großlichterfelde), O. Ohmann (Berlin-Pankow), W. Roth (Berlin), E. Schenck (Berlin-Charlottenburg), J. Schiff (Breslau), W. Stahlberg (Berlin-Steglitz), E. Tonn (Berlin).

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XVI. Jahrgang. **Erstes Heft.** Januar 1903.

Rolle und Flaschenzug

Von

Prof. Dr. **F. Reuleaux** in Berlin

Etwas verspätet erhalte ich Kenntnis von Herrn E. Grimsehls Besprechung von Rolle und Flaschenzug im 3. Heft des vorigen Jahrgangs und möchte mir erlauben, einige Bemerkungen dazu vorzutragen. Der Herr Verfasser erhebt lebhaften Einspruch gegen das in Schulbüchern der Physik übliche Verfahren, die „Rolle" als besondere Anwendung des gleicharmigen Hebels zu behandeln, und knüpft daran weitgehende andere Erläuterungen. Sicherlich ist es zu begrüßen, daß damit versucht wird, Klarheit in Grundbegriffe zu bringen, die dem Schüler ins Leben mitgegeben werden und aus dessen Vorstellungen kaum je völlig verschwinden, häufig aber darin herrschend bleiben. Die übliche alte Darlegung sollte in der Tat verlassen werden. Aber sie sitzt noch sehr fest im Verein mit einem ganzen Anhang dumpfer Überlieferung, die fortwährend weitergetragen wird und von dem Dunkel ihrer Herkunftszeit noch lange nicht befreit ist. Wenn Herr Grimsehl es für unangebracht erklärt, das Gleichgewicht der Kräfte an der Rolle aus dem Hebelgesetz abzuleiten, so kann man ihm recht geben und auch ebenso bestimmt nicht recht. Denn einesteils wird bei der hergebrachten Erklärung, wie der Aufsatz zutreffend hervorhebt, das geleitete Seil unerklärt gelassen, andrerseits aber sind die Rolle und das, was man Hebel nennt, tatsächlich genau den gleichen Bedingungen des Kräftegleichgewichts unterworfen.

Ein „Hebelgesetz" gibt es aber gar nicht. Was man mit einer kaum glaublichen Sicherheit so nennt, dürfte nur, um gewisse Begriffe auf ein einziges Wort zusammenzuziehen, gelegentlich gebraucht und dann höchstens „Hebelsatz" genannt werden. Der Satz vom Hebel ist nämlich nur ein Ausdruck für die durchs Kräfteparallelogramm dargestellten Beziehungen dreier Kräfte, die in einer Ebene an einem Körper im Gleichgewicht stehen. Nicht um ein Jota umsonst haben die Besten im vorigen Jahrhundert dem Kräfteparallelogramm ihre Aufmerksamkeit in Beweisversuchen gewidmet; denn auf ihm beruhen ungezählte Anwendungen der praktischen Mechanik, weshalb für den Unterricht, auch den allerelementarsten, auf sein Verständnis besonderer Wert zu legen ist.

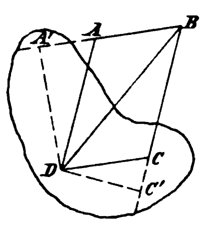


Fig. 1.

Fig. 1 stelle ein Kräfteparallelogramm in bekannter Weise dar. Dann haben wir folgendes:

1. die beiden Dreiecke, in die jedes beliebige Parallelogramm durch eine Diagonale geteilt wird, sind gleich; ihre Flächeninhalte werden gemessen durch die Produkte aus Grundlinie und Höhe: $AB . A'D = BC . C'D$.

2. im Kräfteparallelogramm stellen die benachbarten Seiten AB und BC geometrisch die Kräfte dar, in welche die Kraft, die durch die Diagonale BD dargestellt wird, zerlegbar ist; AB und BC heißen die Seitenkräfte, BD die Mittelkraft,

3. die Produkte aus den Seitenkräften und den auf sie gefällten Loten aus einem Punkt D der Richtungslinie der Mittelkraft heißen in der Mechanik die statischen Momente zu einer, durch D gehenden, zur Ebene der Kräfte rechtwinkligen Achse; sie sind nach (1) gleich gross: $AB \,.\, A'D = BC \,.\, C'D$. (Das gilt auch, wenn Winkel $ABC =$ Null ist, d. h. AB und BC parallel sind.)

Daß man ein körperliches Gebilde, welches wie angegeben belastet ist, einen Hebel nennt, ist geschichtlich so geworden und ist vom Hebebaum, Hebestab ausgegangen. Die soeben gezogene Schlußfolgerung gilt aber auch von beliebig geformten festen Gebilden. Bei der von einem Seil überspannten Rolle, Fig. 2, sind wegen des Zugelementes Seil die Seitenkräfte AB und BC gleich, wenn die Reibung verschwindend klein oder Null ist, daher denn auch die Lote oder Momentenarme dann gleich groß sind. Ist die Reibung aber nicht Null, so sind die Kräfte trotz ihrer Überleitung durch das Seil ungleich, um den Reibungsbetrag verschieden.

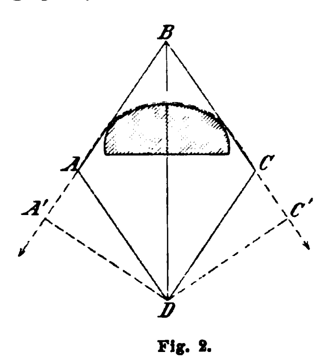


Fig. 2.

Wir sehen also, daß das sogenannte Hebel-„Gesetz“ auch bei Seil und Rolle zutrifft, freilich in anderer Weise, als die, noch nicht als veraltet erkannten, ganz wertlosen Ausdrücke vom ein- oder zweiarmigen Hebel, vom Hebel 1., 2., 3. Art, vom Wurfhebel u. dergl. besagen. Gerade das ist es, im Grunde genommen, gegen was die Grimsehlsche Einwendung angeht, obwohl sie selbst noch ein „Hebelgesetz“ im logischen Troß mit sich führt.

Betrachtet man nun dieses vermeintliche „Gesetz“, wie es in den getadelten Schulbüchern vorgeführt wird, etwas näher, so muß man staunen über die Unschärfe der dem Schüler beigebrachten Vorstellungen. Da wird z. B., wie Fig. 3 andeutet, als „Hebel“ ein winkelförmiges Stück, von dem man unausgesprochene völlige Starrheit voraussetzt, bei D auf einer Schneide — manche sagen feierlich „Hypomochlion“ — ruhend dargestellt. Jede kleine Änderung in den Kraftwerten würde also das Gebilde zum Abrutschen bringen, leichter noch würde dies die geringste Schiefheit der Kräfte gegen das Papier tun. Und gar eine Umkehrung der Kraftrichtungen, die doch für die Unterweisung ungemein wichtig ist, triebe den ganzen „Hebel“ in die Lüfte. Die Stützungsstelle bei D wird bis in hohe Hörsäle hinauf „Stützpunkt“ statt „Achse“ genannt. Alles ist so unscharf bestimmt, so naiv dargestellt, wie es aus den Händen der Alten überliefert ist, bei denen wir die am Gesehenen, Erblickten noch haftende Form wohl begreifen, obwohl nicht billigen, nämlich derselben Alten, die uns doch in der Geometrie Dinge von so musterhafter Schärfe hinterlassen haben. Dieser Mangel an Bestimmtheit ist das heute Tadelnswerte; an ihn schließen sich nur zu leicht andere Scheinwahrheiten an, wie die von dem in Rede stehenden „Hebelgesetz“, von der „Erfindung des Hebels“ durch Archimedes, der bei seiner berühmten Entstapelung gar keine Hebebäume, sondern ordentliche Wurmradwinden anwandte, und anderes Verkehrte und Verflachende mehr. Was man heute in der Mechanik — ich spreche nicht von Maschinenbau — unter dem Satz vom Hebel zu verstehen hat, ist das Gleichgewicht von Kräften an einem Körper, der einzig und allein Achsendrehungen gegen andere Körper machen kann. Man erzielt diesen „Zwanglauf“, wie ich es seinerzeit zu nennen vorgeschlagen habe, dadurch, daß man

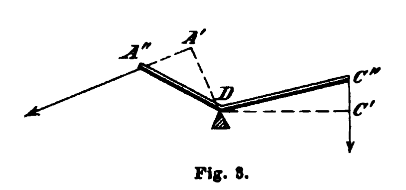


Fig. 3.

ihm, dem Körper, Drehform gibt und ihn in kongruent gestaltetem Hohlkörper, der ihn weit genug umfaßt, lagert. Gegen diesen seinen Lagerkörper beschreibt er dann reine Achsendrehungen und nichts anderes, so auch umgekehrt. In der Kinematik oder Zwanglauflehre nennt man das so entstandene Körperpaar nach meinem Vorschlag ein Elementenpaar, insbesondere hier Drehkörperpaar, auch Zylinderpaar, manchmal noch weniger förmlich Zapfen und Lager. Auf einen so in seiner Beweglichkeit beschränkten Körper ist beim „Hebelsatz" das Kräfteparallelogramm in einer zur Drehachse rechtwinkligen Ebene angewandt. Das ist der wahre Inhalt des Satzes.

Sieht man die elementaren Schulbücher durch, so muß man sich abermals wundern über die Schwerfälligkeit, mit der nun aus dem „Hebelgesetz", das gar nicht besteht, eine Lehre von den statischen Momenten förmlich mystisch herausgearbeitet wird, eine Lehre, die ja nun nichts ist, als wiederum ein dunkler und verdunkelnder Ausdruck für die Kräftewirkung am Drehkörperpaar.

Dieselbe Überfülle von Unklarheit ist bei der sog. Schiefebene zu finden, dargestellt — sehen wir von der unrichtigen Einzahl ab — als ein Körper mit flacher Sohle, der eine geneigte Ebene hinabgleiten würde, zöge ihn nicht eine angebrachte Kraft nach oben, entgegen der Schwerkraft. Das Ganze ist wiederum ein altes Inventarstück, unbestimmt nach allen Richtungen. Eine Ebene heißt mundgeläufig das Gebilde, ist aber z. B. bei den Eisenbahnen im Unterteil aus zwei rundlichen Wulsten, im Oberteil aus festverbundenen Drehkörpern, den gebremsten Radreifen, gebildet, die entweder rutschen, oder nicht; von „Ebenen" keine Spur. Was man meint, wenn alle Unbestimmtheit herausgeschafft wird, ist das Gleichgewicht beliebiger Kräfte am „Prismenpaar", d. i. an einem Paar von starren kinematischen Elementen, die einander prismatisch mit Voll- und Hohlform so umschließen, daß gegenseitige Bewegung nur parallel den Prismenkanten möglich ist.

Das gegenseitige Umschließen starrer Elemente bei fortgesetzter einziger Beweglichkeit ist nur bei drei Körperformen möglich, der Drehform, der Prismenform und der Schraubenform. Deshalb gibt es außer den beiden genannten „Umschlußpaaren" nur noch das eine dritte, das „Schraubenpaar", bestehend nach dem üblichen Sprachgebrauch aus Schraube und (Schrauben-)Mutter. Auch dieses Elementenpaar hat die ältere, namentlich die mittelalterliche Mechanik behandelt und zwar mit weit geringeren Unklarheiten, obwohl auch hier die Eierschalen der Schwerkraftrichtung noch hangen gebieben sind.

Hier tritt uns der Gedanke nahe, ob nicht die alten Mechaniker mit den „einfachen Maschinen" die Elementenpaare herauszuheben gesucht hätten, da wir die drei Umschlußpaare, die man in der Kinematik die niederen Paare nennt, aus dem Gegebenen herausschälen konnten. Indessen trifft die Vermutung nicht zu, indem auch zwangläufige Verbindungen von verschiedenen Elementenpaaren, in der Zwanglauflehre kinematische Ketten genannt, früh neben den erwähnten Paaren behandelt worden sind.

Betrachten wir aber nun nochmals die Rolle mit dem Seil, die in der Grimsehlschen Untersuchung so eingehend behandelt worden sind. In dem Seil haben wir einen von den starren Elementen stark verschiedenen Körper vor uns, nämlich einen solchen, der wesentlich nur gegen Zug widerstandsfähig ist. Solcher Körper wendet die praktische Mechanik noch manche andere an, so die Kette, das Band, den Riemen, das Tuch, den Draht, den Faden, die Faser; die Kinematik faßt sie nach meinem Vorschlag als „Tracke" zusammen (Einzahl: das Track), auch Zugelemente,

Zugorgane kann man sie nennen. Es zeigt sich nun, daß in einer ganzen Menge von Anwendungen die Rolle als Leitungskörper, als ein Leiter des Trackes dient und daß ein Leiter für den mittelst Tracks auszuübenden Zwanglauf unentbehrlich ist.

Die aus starrem Stoff gebildete „Rolle“ kann die Formen Fig. 4 *a* und *b* erhalten. Im ersteren Falle bedarf es immer solcher Kräfte an dem Track, welche Rolle und Seil stets in Berührung erhalten; das Paar erzielt den Zwanglauf bloß, wie man sich ausdrückt, bei „Kraftschluß“. Bei der Rollenform unter *b* dagegen ist stets „Paarschluß“ vorhanden, das Seil muß stets der Leitrinne nachgehen. Vielfach wird, um die Reibung zwischen Seil und Rolle zu vermeiden, die Rolle in Form einer runden ausgekehlten Scheibe, die sich um einen Drehzapfen dreht, ausgeführt. Das ist die Stelle, an der das Rollenproblem nach dem gar nicht bestehenden „Hebelgesetz“ behandelt, mit dem „zweiarmigen Hebel“ bearbeitet worden ist, wogegen der Grimsehlsche Einspruch so nachdrücklich gerichtet ist. Herr Grimsehl glaubt dabei, zuerst gezeigt zu haben, daß die scheibenförmige Rolle durch die sattelförmige Stütze unter *a* Fig. 4 ersetzt werden könne. Schon im I. Bande meiner Kinematik[1]), vollständig erschienen 1875, habe ich darauf ausführlich hingewiesen, einschließlich des vielrolligen Flaschenzuges, auch erwähnt, daß die Anatomen die bänderleitende sattelförmige Stütze eine Rolle nennen. Eingehender habe ich die Frage behandelt im II. Bande des gedachten Werkes[2]), ähnlich in gedrängter Form in meinem Konstrukteur[3]) 4. Auflage (1889) und in der 7. Auflage von Weisbachs *Ingenieur* (1896), in welcher Schrift ich auch auf die Hinfälligkeit des „Hebelgesetzes“ hingewiesen habe. Der Flaschenzug, von der „losen Rolle“ an, zeigt schon, daß die alte Mechanik bei den Elementenpaaren nicht stehen geblieben ist, sondern zu mehrgliedrigen Mechanismen überging, dabei auch zur kinematischen „Treibung“ schritt, während wir hier bis jetzt nur „Leitung“ vor uns hatten. Vollständiges darüber gibt Kinematik II, S. 326 ff.

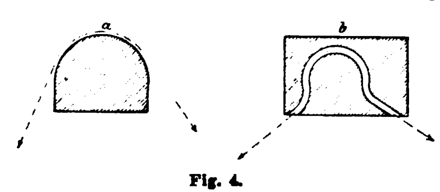


Fig. 4.

Weiter in das große Gebiet der Zwanglauflehre, die überall erhellend und vereinfachend wirkt, zu gehen, ist hier nicht der Ort und ist auch nicht der Zweck dieser Zeilen. Bemerken will ich nur noch, daß bei den „einfachen Maschinen“, von denen die getadelten Schulbücher noch immer sagen, daß aus ihnen alle Maschinen zusammengesetzt seien, daß sie also die Elemente aller Maschinen vorstellten, nichts von jenen Gegenstücken der Zugelemente, den Druckelementen, nämlich den Flüssigkeiten, tropfbaren wie gasförmigen, vorkommt. Und doch durchdringen deren Anwendungen in großartiger, überwältigender Menge das ganze ungeheure Maschinenwesen. Die sog. einfachen Maschinen sind eben wissenschaftlicher „Urväter-Hausrat“; sie entsprechen Auffassungen, die längst hinter uns liegen, und sind jetzt die Quelle von zahlreichen falschen, namentlich unklaren und verdunkelnden Vorstellungen. Das hat denn die Einsprüche im 3. Heft des letzten Jahrgangs dieser Zeitschrift auch hervorgerufen. Daß die Kinematik, von der in sonderbarem Vorurteil recht viele glauben, sie stelle die Dinge kraus und verwickelt dar, genau das Gegenteil tut, wird der geneigte Leser aus dem Vorgetragenen entnommen haben.

[1]) Theoretische Kinematik, Braunschweig, Fried. Vieweg & Sohn, 1875.

[2]) Die prakt. Beziehungen der Kinematik zu Geometrie und Mechanik, ebenda 1900.

[3]) Daselbst S. 692, wo auch Schnalle, Paketverschnürung, Schnürungen an Kleidern und Schuhen, sowie auch die gewöhnliche Naht besprochen sind.

Über ein Blättchenelektrometer und die Ausführung elektrostatischer Versuche.

Von

Dr. **E. Grimsehl** in Hamburg.

Die Versuche mit dem Blättchenelektrometer gehören mit zu denjenigen Versuchen, vor denen der Experimentator eine gewisse Scheu hat, weil er vor Überraschungen mancherlei Art zu wenig sicher ist. Erst seitdem man die Wichtigkeit der Ableitung des Elektrometergehäuses zur Erde sicher erkannt hat und daher jedes brauchbare Elektrometer mit einer zur Erde ableitbaren Hülle versieht, haben die unliebsamen Überraschungen etwas abgenommen. Einen ganz bedeutenden Fortschritt in der Elektrometerkonstruktion gegenüber früheren weist das Kolbesche Blattelektroskop auf, weshalb auch dieses mit Recht einen so erfolgreichen Einzug in die physikalischen Schulsammlungen gehalten hat. Trotzdem habe ich bei den Arbeiten mit dem Kolbeschen Elektrometer mancherlei Übelstände empfunden, die mich zu der Konstruktion eines Elektrometers führten, das zwar mancherlei Ähnlichkeit mit dem Kolbeschen Elektrometer zeigt, aber im einzelnen doch wesentlich von diesem abweicht. Fig. 1 und 2 sind zwei in Konstruktionszeichnung ausgeführte Seitenansichten des Apparats. Fig. 3 zeigt eine nach Photographie hergestellte perspektivische Ansicht desselben.

Beschreibung des Elektrometers.

Das Elektrometer besteht aus einem $5 \times 7 \times 16$ cm großen Messinggehäuse, das auf drei Füßen ruht, von denen der eine als Fußschraube ausgebildet ist. Die breiteren Seitenflächen des Gehäuses sind in einer Höhe von 9 cm aus Spiegelglasplatten hergestellt, die oben und unten durch eine Messingführung festgehalten werden. Sie werden von der einen Seite eingeschoben und dann in ihrer Lage durch je einen kleinen Messingvorreiber vor dem Herausfallen geschützt. Der obere Deckel des Gehäuses ist durchbohrt, und an die Durchbohrung ist ein Messingrohr von 25 mm Weite und 15 mm Länge angelötet. Dieses Messingrohr dient zur Aufnahme eines Ebonitpfropfens E, durch den der das Aluminiumblättchen tragende Stab S hindurchgeführt ist. Der Ebonitpfropfen ist 15 mm nach der einen schmalen Seite des Gehäuses zu von der Mitte des oberen Deckels verschoben. Der Pfropfen ist aus einem später anzugebenden Grunde der Länge nach gespalten. Eine an der einen Hälfte angebrachte kleine Nase N bewirkt, daß der Pfropfen nach dem Einsetzen in seine Fassung sich nicht drehen kann. Der durch den Pfropfen gehende Stab S besteht aus einem 5 mm dicken und 35 mm langen Messingrohr, in dessen Bohrung eine Reihe von später zu beschreibenden Aufsätzen hineingesteckt werden können. An dem oberen Ende des Stabes sind zwei kleine seitliche Ansätze angebracht, die die willkürliche Drehung des in den Pfropfen eingesetzten Stabes verhindern, indem sie in zwei kleine Ausfräsungen des Ebonitpfropfens beim Einsetzen in den Pfropfen eingreifen. Der Stab S schneidet mit seinem oberen Ende genau mit der oberen Fläche des Ebonitpfropfens ab. In das untere Ende des Stabes ist ein 90 mm langes, 6 mm breites dünnes Aluminiumblech A (Fig. 1) mit seinem oberen zylindrisch gestalteten Ende eingeschraubt. Der aus dem Stabe S noch herausragende zylindrische Teil ist an der einen Seite eben angefeilt und dient zum Ankleben des 90 mm langen, 2—3 mm breiten Streifens dünnster Aluminiumfolie F.

Auf den Boden des Gehäuses ist in einer passenden Messingfassung ein kreisförmig ausgeschnittenes Glimmerblättchen G aufgeschraubt, auf welches eine von 0 bis 30° gehende Kreisteilung angebracht ist. Der Krümmungsmittelpunkt des Kreisbogens fällt mit dem Anheftungspunkte der Aluminiumfolie zusammen, und der Nullpunkt der Teilung liegt unmittelbar unter dem unteren Ende des Aluminiumbleches A, sodaß also der Ausschlag der Aluminiumfolie an der Gradeinteilung ohne Parallaxe direkt abzulesen ist oder auch bei Projektion mit der Folie gleichzeitig scharf eingestellt wird.

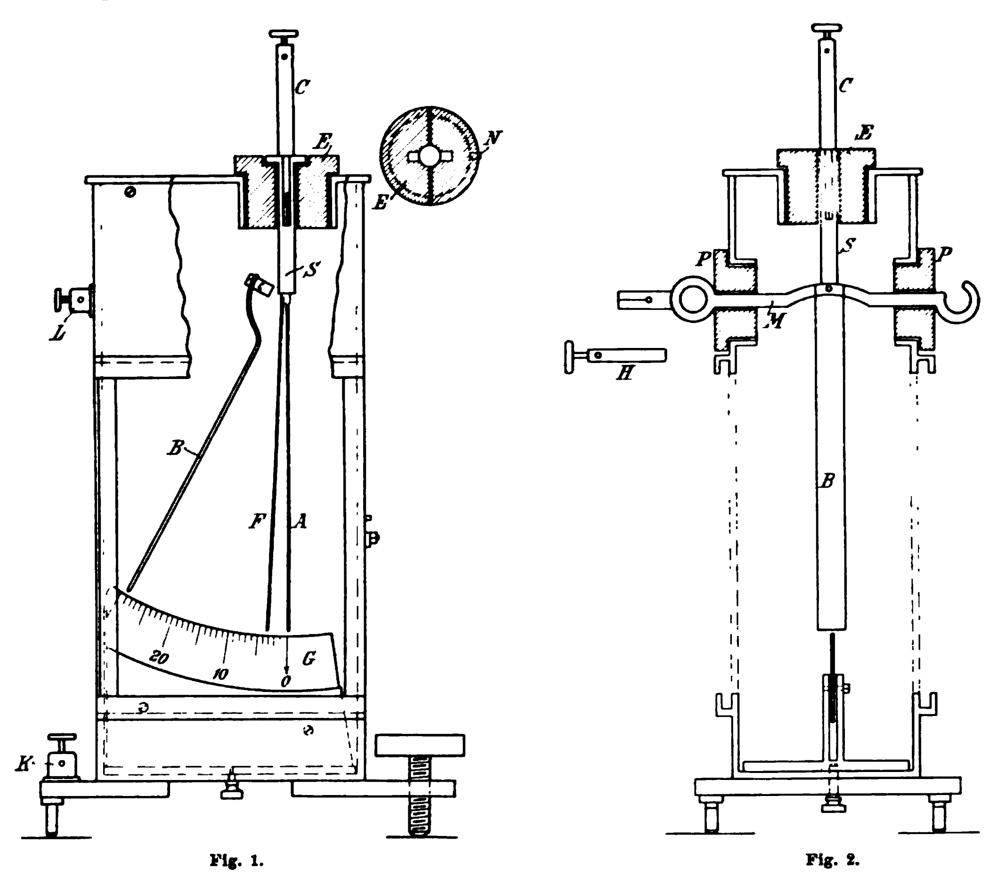


Fig. 1. Fig. 2.

Oberhalb der Spiegelglasplatten ist in den Breitseiten des Messinggehäuses noch je ein kurzer massiver Ebonitpfropf P (Fig. 2) in ein kurzes in die Seitenwände des Gehäuses eingelötetes Messingrohr eingesetzt. Eine durch die zentrischen Durchbohrungen dieser Propfen hindurchgehende Verbindungslinie geht genau durch den Aufhängepunkt der Aluminiumfolie. Die zentrischen Durchbohrungen der Ebonitpfropfen P bilden das Lager für eine in ihrem mittleren Teil gekröpfte, durch den Apparat hindurchgehende messingene Achse M, die an ihren aus dem Gehäuse heraustretenden Enden je einen Messingring trägt. Der eine Messingring ist aufgeschnitten und der andere geschlossen, und an diesen ist in der Verlängerung der Achse noch ein kleines federnd aufgeschlitztes Messingröhrchen angelötet. An der Kröpfung der Achse M ist ein dünnes Aluminiumblech angeschraubt, das in seinem kurzen oberen Teil gebogen, in dem längeren unteren Teil gerade ist. Bei Drehung der Achse M legt es sich flach an das feste Aluminiumblech A an. Dadurch wird die Aluminiumfolie F mit leichtem Druck zwischen den beiden Aluminiumblechen

festgehalten und hierdurch der Apparat transportfähig gemacht. Das Blech *B* hat noch einen weiteren Zweck, indem es erstens die selbständige Entladung der Aluminiumfolie bei zu starkem Ausschlage bewirkt, wenn man die Achse *M* leitend mit der Erde oder dem Gehäuse verbindet, und indem es ferner dazu dient, die Empfindlichkeit des Elektrometers durch passende Annäherung an das Blech *A* bis zu einem hohen Grade zu vermehren. Es sei hier bemerkt, daß man die Potentialdifferenz von 2 Volt durch einen Ausschlag der Aluminiumfolie deutlich nachweisen kann, wenn man das Blech *B* bis auf wenige (3—4) Grade dem festen Bleche *A* nähert. Bei Beobachtung mit einem Fernrohr von kurzer Brennweite oder einem schwach vergrößernden Mikroskop sind sogar noch Spannungen von 1 Volt deutlich und sicher nachweisbar.

Endlich wird durch die anziehende Wirkung des Bleches *B* bewirkt, daß die Ausschläge der Folie *F* fast genau proportional dem Potential der Folie sind. Ist das Blech *B* auf 30 Grad gestellt, also so wie es Fig. 1 angibt, so entspricht jeder Grad Ausschlag fast genau dem Potential von 10 Volt. Genauere Angaben hier zu machen, hat keinen Zweck, da ja natürlich der Ausschlag mit der nicht immer konstanten Dicke der Aluminiumfolie wechselt, also demnach von Apparat zu Apparat etwas verschieden ist. Ein einmal geeichtes Elektrometer zeigt aber, solange man dieselbe Aluminiumfolie benutzt, immer dieselbe Beziehung zwischen Ausschlag und Potential. Für Demonstrationszwecke ist es völlig ausreichend genau, wenn man Ausschlag und Potential einander proportional setzt.

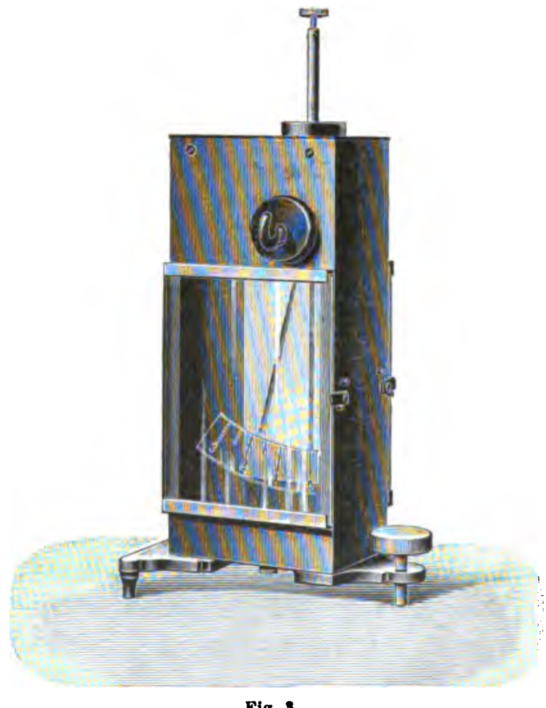


Fig. 3.

Auf das Fußblech des Elektrometers ist noch eine kleine Polklemme *K* zur Herstellung irgend welcher Verbindung, z. B. zur sicheren Verbindung mit der Erde, angebracht. Auch ist noch eine kleine Polklemme *L* auf die schmale Seitenwand des Gehäuses in der Höhe der Achse festgeschraubt. Diese Klemme hat besonders den Zweck, die leitende Verbindung der Achse *M* mit dem Gehäuse durch einen kurzen federnden Draht bequem zu ermöglichen.

Die Teilung des Ebonitpfropfens in zwei Hälften gestattet eine leichte Auswechselung desselben gegen einen anderen, ohne die Aluminiumfolie aus dem Apparat zu entfernen. Man braucht nur den Stab *S* mit der Folie etwas in die Höhe zu ziehen und kann dann beide Hälften des Pfropfens einzeln entfernen und durch andere ersetzen. Bekanntlich ist die mangelhafte Isolationsfähigkeit des Ebonitpfropfens gewöhnlich der Grund, weshalb ein derartiges Instrument leicht seine Ladung verliert. Der schönste Ebonitpfropfen wird durch den Einfluß von Licht und Staub nach kurzer Zeit leitend an seiner Oberfläche. Eine gründliche Waschung mit Wasser und Seife unter Benutzung einer kräftigen Bürste stellt dann die Isola-

tionsfähigkeit leicht und meist wieder vollständig her. Bei einer solchen Behandlung ist es aber nicht zu vermeiden, daß der Pfropfen elektrisch geladen wird. Es gelingt auch kaum, in wenigen Minuten die Ladung völlig zu entfernen. Daher sind dem Apparat zwei solcher geteilter Pfropfen beigegeben, von denen der eine, nicht im Apparat sitzende, früher sorgfältig gereinigt war und dann vor Licht und Staub geschützt in einem besonderen Kästchen aufbewahrt wird, sodaß man also stets einen tadellos isolierenden Pfropfen zur Verfügung hat. Da man nun die Auswechselung des Pfropfens vornehmen kann, ohne den Apparat sonst irgendwie zu verändern, so hat man auch die Möglichkeit, ein tadellos isolierendes Elektrometer jederzeit herstellen zu können[1]).

Die hohe Empfindlichkeit des Apparates ist, abgesehen von der Einwirkung des drehbaren Zeigers *B*, dadurch erreicht, daß das Blättchen in der Länge von 90 mm, der ganzen im Handel vorkommenden Länge, angewandt ist. Das Elektrometer ist für direkte Ablesung wie auch zur Projektion gleich gut zu gebrauchen. Für die meisten Versuche, nämlich dann, wenn man nicht dem drehbaren Zeiger *B* eine besondere Ladung zuführen will, stellt man die leitende Verbindung des Zeigers mit dem Elektrometergehäuse dadurch her, daß man die kleine Klemmschraube *H* in die an der Achse von *B* vorhandene federnde Hülse einsteckt und dann *H* durch einen dünnen federnden Draht mit der auf der Seitenwand des Gehäuses sitzenden Klemme *L* verbindet. Bei allen im folgenden beschriebenen Versuchen ist diese Verbindung hergestellt.

Benutzung als gewöhnliches Elektroskop.

Soll der Apparat ohne die zugehörigen Nebenapparate, also ohne Kondensator und ohne die später zu beschreibenden Ansätze benutzt werden, so steckt man in die Bohrung der Stange *S* die kleine Klemmschraube *C*.

Es mag an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht werden, daß die gewöhnlich auf den Elektroskopen und auch auf vielen anderen für statische Elektrizität hergestellten Apparaten sitzenden Kugeln vollständig überflüssig sind; ja ich möchte sie für den Unterricht geradezu als schädlich bezeichnen, verführen sie doch den Schüler zu der falschen Vorstellung, als ob die Spitzenwirkung auch bei der geringsten elektrischen Spannung einträte, während sie doch tatsächlich erst eintritt, wenn es sich um Spannungen von über 2000 Volt handelt. Es ist aber im höchsten Maße überflüssig, wenn man sich vor der Spitzenwirkung oben an der Elektroskopstange durch unförmige und manchmal unbequeme Kugeln von hoher Kapazität schützen will, während man als Blättchen Metallfolie anwendet, deren Kanten und Spitzen schärfer als die schärfsten Messer und Nadeln sind. Man sollte im Unterricht alles vermeiden, was falsche Vorstellungen erweckt. Es ist besser, wenn der Schüler manches Richtige nicht lernt, als wenn er auch nur das geringste Falsche lernt. Daß man als Konduktoren der Elektrisiermaschine Kugeln verwendet, hat seine Berechtigung, da man hier meist mit weit höheren Spannungen arbeitet.

---

[1]) Man könnte natürlich nach dem Vorgange von Elster und Geitel die Isolation auch durch Bernstein bewerkstelligen, doch habe ich gefunden, daß der oben angeführte Kunstgriff mit dem auswechselbaren Hartgummipfropfen eine so hohe Isolationsfähigkeit bewirkt, wie man sie nur wünschen kann. Die Befestigung der Stütze für die Aluminiumblättchen in dem unteren Teile des Apparates, wie es von Elster und Geitel ausgeführt ist, hat den Nachteil, daß man die Stütze besonders kräftig gestalten muß, wenn sie für alle bei Schulversuchen in Frage kommenden Versuchsanordnungen genügend stabil sein soll, deshalb habe ich bei dem vorliegenden Apparate die isolierte Befestigung der Aluminiumfolie wieder an den Deckel des Apparates verlegt.

Die kleine Klemme C gestattet eine bequeme Verbindung des Elektrometerblättchens mit irgend welchen anderen Apparaten. Als Leiter zur Herstellung dieser Verbindungen benutze ich mit Vorliebe das sogenannte Brillantgarn, das ist ein Baumwollenfaden, in den einige Lamettafäden versponnen sind. Das Brillantgarn ist sehr leicht, ist wegen der metallischen Einlage ein vorzüglicher Leiter für die hier in Frage kommenden elektrostatischen Versuche, läßt sich knoten und zusammenbinden, wie ein gewöhnlicher Faden und ist sehr billig, sodaß man sich nicht zu scheuen braucht, einmal ein Ende abzuschneiden, wenn der Leiter zu lang ist oder einen zu kurzen Leiter einfach fortzuwerfen. Besonders das geringe Gewicht ist von praktischer Bedeutung, da man den Leiter fast geradlinig zwischen den zu verbindenden Apparaten ausspannen kann, ohne fürchten zu müssen, daß die Apparate umgeworfen werden, wie es bei Anwendung der schweren Metallketten leicht geschehen kann.

Will man das Potential eines Leiters untersuchen, also nachweisen, daß dasselbe überall auf dem Leiter konstant ist, so klemmt man das eine Ende eines Brillantgarnfadens in die Klemme C fest und bindet das andere Ende direkt an das eine Ende eines dünnen Hartgummistäbchens, z. B. eines Hartgummifederhalters. Durch diese kleine Abänderung des bekannten Versuchs erleichtert sich die Ausführung desselben wesentlich. Nun kommt noch hinzu, daß das beschriebene Elektrometer Spannungen von 100 Volt schon durch einen Ausschlag von ungefähr 10^0 nachweist. Das hat den großen Vorteil, daß man den zu untersuchenden Leiter nur auf diese Spannung zu laden braucht. Man hat also keine Elektrisiermaschine nötig, ein geriebener Hartgummistab reicht völlig zum Laden eines großen Konduktors aus. Wegen der geringen Spannung treten aber auch die Verluste infolge mangelhaft isolierter Aufstellung des Konduktors in viel geringerem Maße auf, als bei höherer Spannung. Sollte aber mangelhafte Isolation des Konduktors vorhanden sein, so genügt es gewöhnlich, die Stativstange unter der Wasserleitung gehörig mit Wasser abzuwaschen und dann mit einem trockenen Tuche abzureiben, denn der Grund mangelhafter Isolation ist fast immer Unsauberkeit. Die so unendlich oft für das Mißlingen eines Versuches verantwortlich gemachte Feuchtigkeit ist fast nie die Ursache des Mißerfolgs. Die so viel gepriesene Vorwärmung elektrostatischer Apparate richtet viel mehr Unheil an, als sie nutzt. Seit einem Jahre habe ich die Erwärmungsvorrichtung an meinem Experimentiertische entfernen lassen, weil sie bei reingehaltenen Apparaten überflüssig ist und bei unreinen Apparaten nur dazu verleitet, die Apparate bis zum Weichwerden der Kittungen zu erwärmen. Unter ganz besonders ungünstigen Verhältnissen, also z. B. wenn das Sammlungszimmer ungeheizt ist, dann die kalten Apparate in das warme Lehrzimmer gebracht werden und nun beschlagen, genügt es, wenn man die Apparate einige Minuten vor ihrem Gebrauche im Lehrzimmer in der Nähe des Ofens aufstellt. Ich bin überzeugt, daß mancher elektrostatische Apparat eine längere Lebensdauer gehabt hätte, wenn die unglückliche Erwärmungsvorrichtung am Experimentiertische ihm nicht ein frühzeitiges Ende bereitet hätte. Bemerken möchte ich noch, daß ich im vorigen Winter mehrfach Gelegenheit gehabt habe, die Unschädlichkeit der feuchten Luft zu erproben, da ich die elektrostatischen Versuche gelegentlich mehrerer öffentlicher Vorträge in einem Klassenzimmer gewöhnlicher Größe ausführen mußte, in dem 70 erwachsene Personen 2 volle Stunden ununterbrochen meine Zuhörer waren. Dabei war es an diesen Abenden so neblig, wie es eben nur in Hamburg sein kann. Man konnte von einer Laterne zur andern nicht sehen. Trotzdem gingen alle Versuche

ohne Ausnahme tadellos, wenn ich an dem Nachmittage vor dem Vortragsabend alle isolierenden Bestandteile der Apparate mit reinem Wasser tüchtig bearbeitet hatte. Ich hatte aber keinen einzigen Apparat vorgewärmt, nicht einmal die gewöhnliche Holtz-Weinholdsche Influenzmaschine, die doch sonst so leicht versagt.

Spannungsabfall auf einem Leiter.

Bekannt und unendlich oft ausgeführt ist der Nachweis des Spannungsabfalls auf einer Schnur, deren Enden mit den Polen (Konduktor und Reibzeug) einer Elektrisiermaschine verbunden sind. Diesen wichtigen Fundamentalversuch sollte man niemals unterlassen. Er ist gewiß wichtiger als so viele andere Versuche mit der Elektrisiermaschine, von denen viele mehr als niedliche Spielereien zur Unterhaltung und Belustigung der Schüler anzusehen sind, als daß sie dazu dienten, dem Schüler Verständnis für elektrische Erscheinungen und wirklich wichtige Vorgänge beizubringen.

Zur Ausführung der Demonstration des Spannungsabfalls auf einer Schnur befestige ich eine kräftige Hanfschnur von etwa 5 m Länge mit ihren Enden je an einem Stück Hartgummi von ungefähr 10 cm Länge und 3 cm Breite, das ich mit zwei Löchern versehen habe. In eins der Löcher knote ich die Hanfschnur fest, und in das zweite wird ein Bindfaden gebunden, mittels dessen ich die Hanfschnur über dem Raume zwischen Experimentiertisch und Schülern in ungefähr 2 m Höhe über dem Erdboden geradlinig ausspanne. Zu dem Zwecke habe ich in den einander gegenüberliegenden Wänden zur Linken und Rechten des Experimentiertisches zwei Haken fest eingegipst. Diese Haken dienen auch sonst zum Ausspannen von Schnüren bei manchen anderen Experimenten. Nun werden die in den Hartgummistücken befestigten Enden der Schnur durch einen Brillantgarnfaden mit dem Pole einer kleinen Reibungselektrisiermaschine verbunden. Als Elektroskope für diesen Versuch dienen 5 Seidenpapierstreifen von ungefähr 70 cm Länge und $^1/_2$ — 1 cm Breite, die in der Mitte zusammengeknickt sind und nun einfach über die Schnur gehängt werden. Ein kleiner Kunstgriff gestattet nun eine äußerst gleichmäßige Ausführung des Versuches. Man muß die Brillantgarnfäden, die die Verbindung der Elektrisiermaschine mit der Hanfschnur herstellen, mit der inneren Belegung zweier Leydener Flaschen verbinden. Diese Verbindung hat einmal den Zweck, die Leitung der Elektrisiermaschine zur Hanfschnur isoliert vom Tisch zu halten; der zweite und Hauptzweck ist der, daß man auch bei ungleichmäßiger Drehung der Elektrisiermaschine infolge der hohen Kapazitäten der Leydener Flaschen gleichmäßige Elektroskopausschläge erhält. Auch dann behalten die Elektroskope noch eine Zeit lang ihre Ausschläge bei, wenn man mit dem Drehen der Maschine aufhört, sodaß man also die Polarität der Ausschläge mittels genäherter geriebener Hartgummi- oder Glasstäbe bequem untersuchen kann. Es ist wichtig, bei diesen Versuchen einmal das eine, dann das andere Ende der Schnur und endlich die Mitte derselben durch einen Brillantgarnfaden, den man nur lose überzuhängen braucht, zur Erde abzuleiten und nun die Polarität zu untersuchen.

Der soeben beschriebene Versuch ist aber nur zur Hälfte geeignet, das Bindeglied zwischen statischer und dynamischer Elektrizität zu bilden. Er wird ergänzt durch den Versuch, bei dem man die Pole einer größeren Batterie oder die Pole der elektrischen Starkstromleitung mit den Enden eines Leiters verbindet und nun mittels des Blättchenelektrometers den Spannungsabfall oder die Spannungsverteilung nachweist.

Ein mit den Polen einer 100-voltigen oder 220-voltigen Stromquelle verbundener Metalldraht von einer Länge, die die Dimensionen des Unterrichtsraumes nicht überschreitet, würde aber momentan glühend werden und schmelzen. Mit Erfolg habe ich als Leiter zu diesem Zwecke einen Bleistiftstrich verwandt, den ich auf eine mattgeschliffene Glasplatte gezogen habe. Ein Bleistiftstrich auf einem 1 m langen Mattglasstreifen bietet einen genügend großen Widerstand, um eine Spannungsdifferenz von 220 Volt an den Enden zuzulassen, ohne daß der durch diesen Graphitleiter hindurchfließende Strom eine für irgend einen Apparat gefährliche Stromstärke erreicht.

In Figur 4 ist die ganze Versuchsanordnung zum Nachweis des Spannungsabfalls abgebildet. *A* ist die eine Hälfte der mit dem Bleistiftstrich versehenen Mattglasscheibe. Die zweite Hälfte ist des Raumes wegen nicht mit abgebildet. Auf der Vorderseite ist eine Zentimeterteilung angebracht. Die beiden Enden sind mit Zuleitungsklemmen für die Verbindung mit der Stromquelle versehen. Der auf der

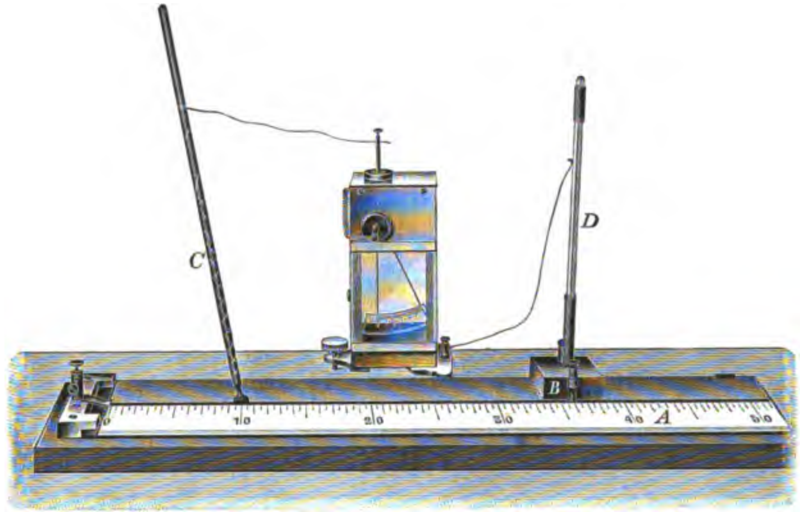
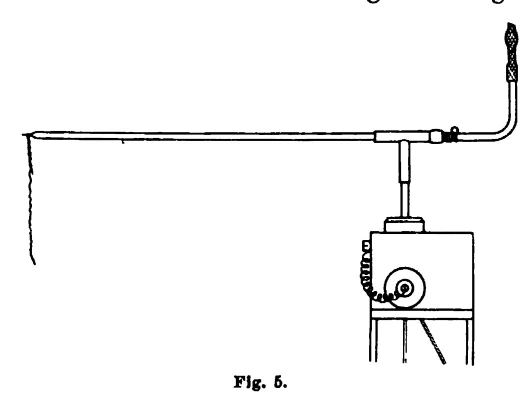


Fig. 4.

Glasscheibe stehende Bleiklotz *B* hat den Zweck, irgend eine Stelle des Striches abzuleiten, besonders um eine leitende Verbindung des isoliert aufgestellten Elektrometergehäuses mit einem Punkte des Graphitleiters herzustellen. Zu dem Zwecke ist an der Vorderseite des Bleiklotzes eine kleine Hülse angebracht, in der ein Pinsel aus Lamettafäden verschiebbar sitzt. Wenn man den Lamettapinsel hinunterschiebt, berührt er eine Stelle des Graphitleiters leitend, ohne den Bleistiftstrich zu beschädigen. Auf dem Bleiklotze sitzt eine Klemmschraube zur Herstellung der Verbindung des Klotzes mit dem Elektrometergehäuse. Außerdem sitzt auf dem Bleiklotze noch eine federnd aufgeschlitzte Hülse zur Aufnahme einer mit verdünnter Salzlösung gefüllten engen Glasröhre *D*, in deren Enden Platinösen eingeschmolzen sind, und zwar ist die eine (untere) Platinöse direkt in der Richtung der Verlängerung der Rohrachse eingeschmolzen, sodaß sie beim Einstecken in die Hülse in direktem Kontakt mit einigen in die Blechhülse gesteckten Lamettafäden oder Stanniolstückchen steht. Die zweite (obere) Platinöse sitzt etwas unterhalb des nur durch ein Ende Gummischlauch mit eingestecktem Glasstäbchen verschlossenen Rohres, damit die vielleicht entstehenden Gasblasen sich oberhalb der Platinöse sammeln können, ohne die leitende Verbindung der Öse mit der Salzlösung zu unterbrechen. Der Zweck dieser Glasröhre ist die Herstellung eines großen Widerstandes in der Verbindung des Bleiklotzes mit Teilen des Elektrometers, wodurch bewirkt werden

soll, daß bei unbeabsichtigter Berührung des Aluminiumblättchens mit dem Entladearm des Elektrometers der entstehende Strom nur sehr schwach bleibt, da ja schon ein verhältnismäßig schwacher Strom imstande ist, das dünne Aluminiumblättchen zum Glühen und Verbrennen zu bringen. Diese Vorsicht ist nur dann nötig, wenn man die Spannung an den Enden des Graphitleiters untersucht, denn bei Berührung eines mittleren Punktes des Bleistiftstriches bietet dieser selbst einen genügend großen Widerstand zur Abschwächung des Stromes. Man verbindet also das Elektrometergehäuse entweder direkt mit der Klemme auf dem Bleiklotz oder mit der oberen Platinöse der Glasröhre. Letzteres ist in Figur 4 ausgeführt.

Der Lamettapinsel des Klotzes berührt den Strich. Dann klemmt man in die auf der Elektrometerstange befindliche Klemme einen Brillantgarnfaden, dessen anderes Ende an einem dünnen Hartgummistäbchen C so festgebunden ist, daß noch einige einzelne Lamettafäden in Form eines Lamettapinsels vorstehen. Fährt man nun mit dem pinselförmigen Ende des Fadens den Bleistiftstrich entlang, so beobachtet man an dem am Elektrometer auftretenden Ausschlage die an der berührten Stelle herrschende Spannung. Da ein Grad Ausschlag ungefähr der Spannung von 10 Volt entspricht, so kann man bei einer an den Enden des Graphitleiters herrschenden Spannung von 220 Volt die ganze verfügbare Skala des Elektrometers ausnutzen, wenn das Elektrometergehäuse mit einem Ende des Leiters leitend verbunden ist. Ist das Gehäuse mit der Mitte des Leiters verbunden, so beobachtet man nach beiden Seiten hin gleichmäßig zunehmende Ausschläge bis zu etwa 10 Grad. Ist der Bleistiftstrich gleichmäßig ausgeführt, so ist die Spannungszunahme der Länge des Graphitleiters proportional.


Fig. 5.

Anstatt den Flüssigkeitswiderstand zwischen Bleiklotz und Gehäuse einzuschalten, kann man ihn auch in der Leitung vom Aluminiumblättchen zum ableitenden Pinsel einschalten. Das diesem Zwecke dienende Glasrohr hat dann die Gestalt Fig. 5. Es wird mit seiner Messingfassung direkt auf die Elektrometerstange aufgesetzt. Die Messingfassung ist mit der einen eingeschmolzenen Platinöse leitend verbunden. Der ableitende Brillantgarnfaden wird dann in die am anderen Ende befindliche Platinöse eingeknüpft.

Dieser Versuch ergänzt den Versuch mit der Hanfschnur in willkommener Weise, indem man durch denselben imstande ist, die auf einem Starkstromleiter herrschenden Spannungsdifferenzen mittels eines gewöhnlichen Blattelektrometers nachzuweisen. Allerdings bedarf man zur Ausführung dieses Versuches eines so empfindlichen Elektrometers, wie es das beschriebene ist. Bei Benutzung eines weniger empfindlichen Elektrometers muß man schon den Kondensator zu Hilfe nehmen. Dieses Hilfsmittel macht aber die Versuchsanordnung weniger übersichtlich, ganz abgesehen davon, daß man dann nicht wie oben einfach mit dem Pinsel auf dem Leiter entlang fahren kann, sondern die Untersuchung von Punkt zu Punkt ausführen muß.

Versuche mit dem Kondensator.

Über den Gebrauch des Kondensators möchte ich einige allgemeine Bemerkungen vorausschicken. Wenn man die obere Kondensatorplatte, also die Kollektorplatte aus

der Hand legt, so verführt die Handhabe dazu, sie so auf den Tisch zu stellen, wie es Fig. 6 A zeigt. Diese Aufstellung ist aber die Quelle der mannigfachsten Versuchsfehler. Gesetzt den selten eintretenden Fall, die Platte des Experimentiertisches ist ganz rein, so wird die untere sehr dünne Lackschicht bei der geringsten seitlichen Verschiebung der Kollektorplatte auf dem Tische stark elektrisch geladen und täuscht dadurch leicht elektrische Zustände vor, die eigentlich gar nicht da sein sollten. In vielen, vielleicht den meisten Fällen ist aber die Tischplatte nicht rein, im günstigen Falle liegt Staub und Kreide auf dem Tische, im ungünstigen Falle sind Wasser oder gar Säurereste auf dem Tische vorhanden. Dadurch wird aber die Lackschicht sofort beschädigt, und der Kondensator wirkt ganz anders als er wirken soll. Gewöhnt man sich aber daran, die Kollektorplatte so auf den Tisch zu legen, wie es Fig. 6 B zeigt, so ist weder störende Reibungselektrizität noch eine Beschädigung der Lackschicht auch bei nicht ganz reinem Tische zu befürchten. Die unversehrte Lackschicht beider Platten, der Kondensator- und der Kollektorplatte ist ein unbedingtes Erfordernis für das gute Gelingen aller Kondensatorversuche. Sollte durch irgend einen Zufall die Lackschicht beschädigt sein, so muß sie durch eine frische ersetzt werden. Zu dem Zwecke reibe man die Lackreste mittels eines in Alkohol getauchten Lappens völlig fort und schleife dann die Platte auf einem frischen reinen Bogen feinen Schmirgelpapiers, den man flach auf den Tisch legt, sorgfältig ab. Nachdem man die auf der Platte noch haftenden Staub-, Metall- und Schmirgelreste mit einem sauberen Tuche abgewischt hat, kann man die Platte aufs neue lackieren. Dazu erwärmt man die Platte über einer Flamme vorsichtig, bis sie lauwarm geworden ist, und streicht dann mit einem breiten weichen Haarpinsel rasch und gleichmäßig dünne Schellacklösung auf. Die Lackschicht muß so dünn wie irgend möglich hergestellt werden, wenn man eine große Verstärkungszahl des Kondensators erreichen will. Ist das Lackieren nicht gleich das erste Mal nach Wunsch gelungen, so kann man den mißlungenen Anstrich leicht wieder mit einem Alkohollappen abreiben und den Anstrich wiederholen. Die Mühe ist gering im Vergleich mit dem Erfolge, den man jetzt mit zwei tadellos lackierten Platten erhält.

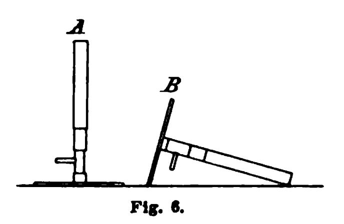


Fig. 6.

Eine zweite unangenehme Störung der Versuche mit dem Kondensator wird dadurch leicht veranlaßt, daß man durch das Anfassen des aus Glas oder Hartgummi bestehenden isolierenden Handgriffes an dem Griff selbst Reibungselektrizität erzeugt. Um dieses zu vermeiden, empfehle ich, den Handgriff an seinem oberen anzufassenden Teile mit Stanniol zu bekleben oder denselben in seinem oberen Teile, so wie es unten beschrieben ist, ganz aus Metall zu machen.

Eine fernere Störung wird endlich durch die beim Aufsetzen der Platten aufeinander erzeugte Reibungselektrizität verursacht. Über die Beseitigung dieser Störung verweise ich ebenfalls auf die weiter unten beschriebene Anordnung.

Um die Versuche mit dem Kondensator des Elektrometers auszuführen, ersetzt man die in den vorigen Versuchen benutzte Polklemme C durch den Aufsatz D (Fig. 7). In Fig. 7 ist der Aufsatz D mit daraufgesetztem Kondensator abgebildet. Der Aufsatz D besteht aus einer 35 mm langen Messingstange, an die in 20 mm Höhe ein 6 mm weites federnd aufgeschlitztes horizontales Messingrohr hart angelötet ist.

Die Kondensatorplatten sind einseitig in der Mitte mit einer aufgelöteten Messingfassung versehen, die eine zentrische Bohrung trägt, sodaß sie mit leichter Reibung drehbar auf die Elektrometerstange gesetzt werden kann. Außen ist die Fassung

mit einem Gewinde versehen, das an ein an einem Hartgummigriff sitzendes Muttergewinde angeschraubt werden kann. An das am Hartgummigriff sitzende Muttergewinde ist wieder ein horizontales, federnd aufgeschlitztes Messingröhrchen festgelötet. Der Hartgummigriff ist in seinem oberen Teile mit einem Messingrohre umgeben, um etwaige durch das Anfassen bewirkte Ladungen zu vermeiden.

Die an dem Aufsatze *D* und an der Fassung des Hartgummigriffes vom Kondensator angebrachten kleinen horizontalen Messingröhrchen gestatten eine bequeme Verbindung von Kollektor- und Kondensatorplatte mit anderen Platten oder mit den Polen einer Stromquelle. Hierdurch wird einerseits die Eichung, andererseits auch die Messung einer unbekannten Spannung erleichtert.

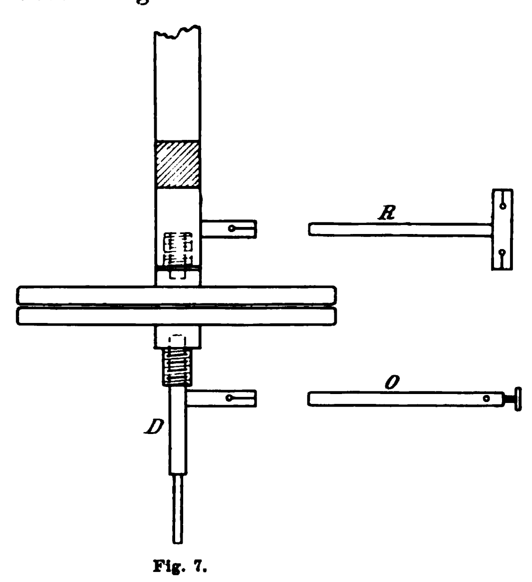
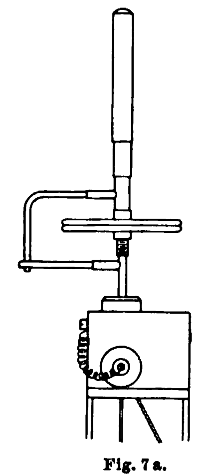


Fig. 7.

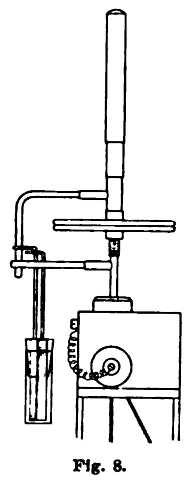
Die mit leichter Reibung auszuführende Drehung der Kollektorplatte auf dem Elektrometer ermöglicht die Herstellung eines reibungslosen Kontaktes der Kollektor- und Kondensatorplatte. Zu dem Zwecke wird in das an dem Aufsatze *D* befindliche Röhrchen ein 60 mm langer Messingstab eingesetzt und in die Fassung der Kollektorplatte kommt ein rechtwinklig gebogener Messingstab (Fig. 7a). Dreht man dann beide aufeinanderliegende Platten mittels des Hartgummigriffes auf dem Zapfen von *D* (Fig. 7), so geraten die beiden Ansätze in Berührung, ohne daß man zu fürchten hätte, daß durch diese Berührung neue elektromotorische Kräfte eingeführt werden.

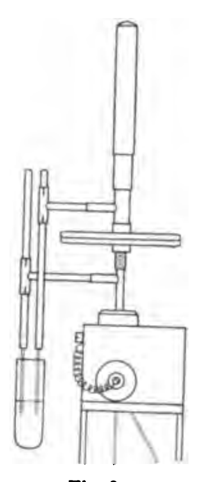
Ferner passen in die an dem Aufsatze *D* und an der Kollektorplattenfassung vorhandenen horizontalen federnden Messingröhrchen die Klemmen *O*, von denen zwei vorhanden sind. Diese dienen zur Herstellung der leitenden Verbindung der beiden Platten mit anderen Apparaten.


Fig. 7a.

Die Messingstäbe *R*, die wieder federnde Metallröhrchen tragen, passen ebenfalls in die horizontalen Rohransätze von *D* und von der Kollektorplattenfassung. Die Stäbe *R* dienen dazu, kleine Zink-, Kupfer- oder andere Metallbleche, die an kleine Messingstäbe angelötet sind, an den Kondensatorplatten leicht und sicher, aber vertikal verschiebbar zu befestigen. Der aus zwei Messingplatten bestehende Kondensator wird in erster Linie verwandt, um die Spannungsdifferenz an den Polen eines galvanischen Elementes nachzuweisen. Dieser Nachweis sollte der erste Versuch sein, mit dem man den eigentlichen Galvanismus beginnt. Es ist gewiß nicht empfehlenswert, in der Schule mit dem Voltaschen Fundamentalversuche zu beginnen, denn die Frage nach dem Ursprung der Spannungsdifferenz ist eine wissenschaftliche Streitfrage, die noch immer ungelöst ist. Unentschiedene Streitfragen gehören aber nicht in die Schule. Für den Unterricht genügt es, nachzuweisen, daß zwei verschiedene Metalle, die in eine leitende Flüssigkeit tauchen, eine Potentialdifferenz zeigen, deren Ausgleich dann auf Kosten der chemischen Prozesse im Element den Strom verursacht. Ob dabei die chemische Affinität die

primär wirkende ist, oder ob die Kontaktelektrizität den ersten Anstoß zu der Gleichgewichtsverschiebung bietet, wird durch diesen Versuch nicht berührt. Zur Ausführung des Nachweises der Potentialdifferenz (siehe Fig. 8) an zwei in einen Elektrolyten tauchenden Metallplatten nimmt man ein amalgamiertes Zinkblech und ein Kupferblech von etwa 1 × 3 cm Größe, an welche je ein blanker Kupferdraht von 10 cm Länge gelötet ist. Die beiden Bleche werden unter Zwischenschaltung zweier kleiner Korkstreifen mit einem Faden zusammengebunden und nun in ein kleines Präparatenglas oder ein Probierröhrchen gestellt, das einige Tropfen stark verdünnter Schwefelsäure (1 : 30) enthält. Auf das Elektrometer ist der Kondensator gesetzt, und in den horizontalen Ansatzröhrchen stecken der schon oben beschriebene 60 mm lange gerade und der rechtwinklig gebogene Messingstab. Dann hält man das vorhin beschriebene kleine Zink-Kupferelement so zwischen die beiden Messingansätze, daß beim Drehen der beiden Kondensatorplatten die an den Metallblechen sitzenden Kupferdrähte mit je einem der Messingansätze in Berührung kommen. Nun leitet man die obere Platte durch Berühren ihres Ansatzes mit dem Finger ab, dreht die beiden Platten wieder zurück, sodaß die Berührung zwischen Element und Kondensatorplatten wieder gelöst wird, und hebt die obere Platte ab. Man erhält einen Ausschlag von ungefähr 10°, herrührend von positiver oder negativer Elektrizität, je nachdem die Kupfer- oder die Zinkplatte mit der unteren Platte in Berührung war.


Fig. 8.


Fig. 9.

Darauf wird derselbe Versuch mit einem Metallblechpaare von ungefähr einem Quadratdezimeter Oberfläche wiederholt und derselbe Ausschlag erreicht.

Die Ausführung dieser Fundamentalversuche geht bei der beschriebenen Versuchsanordnung und mit dem beschriebenen Elektrometer mit ebenso großer Leichtigkeit wie Sicherheit vor sich. Der Einfluß der verschiedenen Metalle, der verschiedenen Elektrolyte und ihrer Konzentration ist sicher nachweisbar. Daß bei diesen Versuchen das Elektrometergehäuse zur Erde abgeleitet sein muß, versteht sich wohl von selbst.

Die Erhöhung des Potentials durch Hintereinanderschalten von mehreren Elementen ist mit dem Kondensator hoher Verstärkungszahl nur bei zwei Elementen ausführbar, da bei mehr Elementen der Ausschlag zu groß wird, doch kann man den Messungsbereich dadurch wesentlich erweitern, daß man den Plattenabstand der Kondensatorplatten durch ein zwischengelegtes Stück paraffinierten Papiers oder eine dünne Glasplatte vergrößert, also die Verstärkungszahl des Kondensators erniedrigt. Bei der Benutzung einer größeren Elementenzahl braucht man überhaupt keinen Kondensator mehr. Man kann den Ausschlag direkt ablesen.

Der soeben beschriebene Versuch wird durch den folgenden wesentlich ergänzt (siehe Fig. 9). Man steckt in die horizontalen Rohransätze der beiden Kondensatorplatten die Messingstäbe *R* mit den federnden Röhrchen und schiebt in letztere zwei Messingstäbe, an deren untere Enden eine Kupfer- und eine Zinkplatte gelötet sind, so weit hinein, daß die Metallbleche in gleicher Höhe hängen. Berührt man nun die beiden Metallbleche durch Drehen der Kondensatorplatten direkt, so erfolgt nach dem Zurückdrehen und Abheben der oberen Platte kein Ausschlag. Wenn man dagegen die beiden verschiedenen Metallbleche gleichzeitig mit dem feuchten

Finger berührt oder in ein Gläschen mit angesäuertem Wasser eintaucht, indem man das Gläschen von unten her hebt, so wie es die Figur 9 zeigt, bis die Platten eintauchen, dann wieder senkt, um die Berührung mit dem Elektrolyten zu unterbrechen, und nun die obere Kondensatorplatte abhebt, so erfolgt ein Ausschlag und zwar von positiver Elektrizität, wenn das Zink mit der unteren Platte verbunden ist, und von negativer Elektrizität, wenn das Kupfer an der unteren Platte hängt.

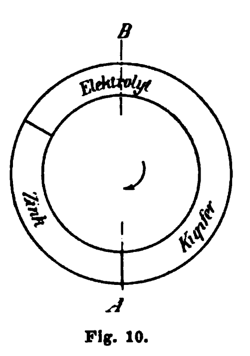


Fig. 10.

Die Erklärung für dieses scheinbare Paradoxon ist leicht, wenn man sich den Stromkreis Fig. 10 vorstellt. In diesem Stromkreise fließt ein positiver Strom in der Uhrzeigerrichtung, also in der Richtung des beigezeichneten Pfeiles. Unterbricht man den Stromkreis bei *A*, also an der Berührungsstelle der beiden Metalle, so hat man die Versuchsanordnung von Fig. 8. Das aus dem Elektrolyten herausragende Kupferblech ist positiv elektrisch. Unterbricht man dagegen bei *B*, so erhält man die der Fig. 9 entsprechende Anordnung. Der an dem Zink hängen bleibende Elektrolyttropfen ist positiv und der am Kupfer hängende Elektrolyt negativ elektrisch und diese Polarität ist durch den zuletzt beschriebenen Versuch nachgewiesen.

Der Voltasche Fundamentalversuch.

Wenngleich ich die Ausführung dieses Versuchs nicht für den Unterricht geeignet halte, so kann ich doch nicht umhin, die Beschreibung an dieser Stelle zu geben, da nach meinen Erfahrungen dieser Versuch nur selten mit sicherem Erfolge ausgeführt wird. Unser Elektrometer gestattet die Ausführung des viel umstrittenen Versuchs in so einwandfreier und absolut sicherer Weise, wenn man auf gewisse scheinbar nebensächliche, aber in der Tat zum sicheren Gelingen wichtige Dinge achtet, daß ich hoffen kann, der Versuch wird auch dort gelingen, wo bisher nur Mißerfolge zu verzeichnen waren.

Man kann natürlich nur dann eine Spannungsdifferenz zwischen Zink und Kupfer mit dem Kondensator nachweisen, wenn die beiden Kondensatorplatten selbst aus Zink und Kupfer bestehen. Der vorhin beschriebene Versuch, bei dem zwei an den Messingplatten hängende Zink- und Kupferplatten beim Berühren keine Spannungsdifferenz ergaben, ist in seinem Resultat selbstverständlich, ohne in irgend einer Weise für oder gegen den Voltaschen Fundamentalversuch zu sprechen, da es eben kein solcher war. Trotz der sich berührenden Zink- Kupferbleche war nur das Nichtvorhandensein einer Spannungsdifferenz an den beiden messingenen Kondensatorplatten nachgewiesen. Ebenso wenig kann von einem Voltaschen Fundamentalversuch geredet werden, wenn man eine aus Zink und Kupfer zusammengelötete Platte am Zinkende oder am Kupferende anfaßt, mit dem freien Ende die eine messingene Kondensatorplatte berührt und nun die zweite Kondensatorplatte mit dem Finger ableitet. Es vertritt hier der menschliche Körper den Elektrolyten. Die Folge ist, daß beim Anfassen des Zinkendes bei gleichzeitiger Berührung der anderen Kondensatorplatte der Versuch nichts anderes ist als der Versuch von Fig. 9. Beim Anfassen des Kupferendes aber tritt nur eine so geringe durch den Elektrolyten (den menschlichen Körper) hervorgerufene Spannungsdifferenz auf, daß bei den gewöhnlichen Elektrometern überhaupt nichts geschieht, bei unseren empfindlichen aber nur ein sehr geringer Ausschlag eintritt, genau so wie es nach Figur 8 oder Figur 9 zu erwarten ist.

Zur einwandfreien Ausführung des Versuchs verfahre man auf folgende Weise: Man stelle die Versuchsanordnung von Figur 7a her, benutze jedoch zwei verschiedene Metallplatten; also man setzt auf die Elektrometerstange die gut eben geschliffene und dünn lackierte Zinkplatte und schraubt in die isolierende Handhabe die ebenfalls gut eben geschliffene und dünn lackierte Kupferplatte. Auf die sorgfältige Instandhaltung der Lackschichten ist hier in noch höherem Maße zu achten, wie bei den gewöhnlichen Kondensatorversuchen. Nun steckt man in die oft erwähnten Ansätze wieder die beiden Messingstäbe, also unten den geraden, oben den rechtwinklig gebogenen. Darauf dreht man die beiden Messingstäbe bis zur Berührung und berührt gleichzeitig mit einem in der Klemme des Elektrometergehäuses befestigten Draht einen der beiden Messingstäbe. Nachdem dann alle Verbindungen, und zwar zuerst die Verbindung mit dem Gehäuse, dann durch Zurückdrehen der Platten die Berührung der Messingstäbe unter einander gelöst sind, hebt man die obere Platte ab. Trotzdem hier jede chemische Wirkung beim eigentlichen Kontakt ausgeschlossen ist, und trotzdem keine Reibung der sich berührenden Lackschicht eintreten konnte, tritt mit absoluter Sicherheit ein Ausschlag von 7—10 Grad ein, herrührend von der positiven Elektrizität des Zinks.

Vertauscht man die beiden Platten, und das ist ja durch die besondere Anordnung der Gewinde und der Bohrung in den Plattenfassungen leicht möglich, so zeigt die Kupferplatte eine negative elektrische Spannung von (fast) derselben Höhe. Daß der Ausschlag nicht von absolut genau derselben Größe ist, wie dann, wenn das Zink unten ist, rührt davon her, daß das Elektrometergehäuse aus Messing besteht. Praktisch genommen sind beide Ausschläge gleich, doch theoretisch muß eine geringe Differenz bei den beiden Versuchen vorhanden sein.

Macht man denselben Versuch mit zwei anderen Metallplatten, so erhält man die der Voltaschen Spannungsreihe genau entsprechende Anordnung. Nimmt man z. B. die untere Platte aus Eisen und verwendet als Kollektorplatte das eine Mal eine Zink-, das andere Mal eine Kupferplatte, so erweist sich beim ersten Versuche das Eisen als negativ, beim zweiten als positiv elektrisch. Interessant ist das Versuchsergebnis, wenn man die Versuchsanordnung von Fig. 9 mit zwei aus Zink-Kupfer bestehenden Kondensatorplatten ausführt. Bei direkter Berührung der angehängten Metallbleche erhält man dasselbe Resultat, wie dann, wenn einfach die Messingarme die Berührung herstellten. Bei elektrolytischer Berührung erhält man dann, wenn an der Zinkplatte ein Zinkblech, an der Kupferplatte ein Kupferblech hängt, nur einen ganz minimalen Ausschlag. Hängt dagegen an der Zinkplatte das Kupferblech und an der Kupferplatte das Zinkblech, so beträgt nach elektrolytischer Berührung der Ausschlag 12 bis 15 Grad.

Der Kontakttheoretiker erklärt die ganze letzte Versuchsreihe durch eine in der Natur der Metalle liegende normale oder spezifische Spannungsdifferenz derselben, die sich auch ohne Mitwirkung chemischer Kräfte stets herstellt, wenn sich die Metalle berühren. Da diese Spannungsdifferenz energetisch unwirksam ist, weil sie sich ja nicht durch einfache Berührung wieder ausgleicht, also keinen Strom erzeugen kann, so widerspricht die Annahme derselben auch dem Energiegesetze durchaus nicht. Der Anhänger der chemischen Theorie findet die Quelle der Spannungsdifferenz in der an der Oberfläche der Kondensatorplatten (nicht an der Kontaktstelle) auftretenden Oberflächenwirkung des Luftsauerstoffs. Es ist hier nicht der Ort, auf diese auch heute noch unentschiedene Kontroverse näher einzugehen. Jedenfalls möchte ich aber noch einmal betonen, daß die ganze Versuchsreihe über den

Voltaschen Fundamentalversuch nicht vor das Forum der Schüler gehört. Für den Unterricht wird und muß man sich mit dem Nachweis der an den Metallen eines galvanischen Elements vorhandenen Spannungsdifferenz begnügen.

Entladende Wirkung der ionisierten Luft.

Infolge der hohen Empfindlichkeit und infolge seiner vorzüglichen Isolation eignet sich das Elektrometer zum Nachweis aller der in dieses Kapitel gehörenden Erscheinungen sehr gut. Da der das Aluminiumblättchen tragende Stab mit dem oberen Ende des Hartgummipfropfens abschneidet, so ist die entladende Wirkung der Atmosphäre bei dem Apparate ohne Aufsatz minimal, sodaß derselbe eine ihm mitgeteilte Ladung stundenlang behält. Setzt man aber in die Bohrung der Stange einen zylindrischen Zerstreuungskörper, so kann man die entladende Wirkung der Atmosphäre bei klarer und nebliger Luft, bei Gegenwart radioaktiver Substanzen, bei Einwirkung von Röntgenstrahlen u. s. w. gut untersuchen. So ist die Wirkung eines angenäherten Auerschen Glühstrumpfes schon sehr auffallend. Versuche mit Radiumpräparaten habe ich in Ermangelung solcher noch nicht ausführen können. Setzt man eine 5×7 cm große frisch amalgamierte Zinkplatte mit einem angelöteten Messingstift in die Bohrung des Elektrometerstabes, so fällt das mit negativer Elektrizität divergierende Blättchen momentan zusammen, wenn man ein Stück Magnesiumband in der Nähe verbrennt.

Die Ausführung dieser Versuche bedingt aber keine besondere oder neue Versuchsanordnung, weshalb ich darauf verzichte, ihre Einzelheiten zu beschreiben.

Das Elektrometer ist mit seinen sämtlichen Nebenapparaten, sowie dem auf einer Mattglasscheibe hergestellten Graphitleiter mit ableitendem Bleiklotz und dem Flüssigkeitswiderstande von der optisch-mechanischen Firma A. Krüß (Hamburg, Adolphsbrücke) nach meinen Angaben gebaut und auch von dort zu beziehen.

Apparat für das Mariottesche Gesetz.

Von

Prof. Dr. **Friedrich C. G. Müller,** in Brandenburg a. H.

Der eine Hauptteil des in der Fig. abgebildeten Apparates ist ein 6—7 mm weites, 165 cm langes U-förmiges Quecksilbermanometer *ABC*. An den kürzeren Schenkel desselben, *AB*, ist das Rohr *AE* mit dem Dreiwegehahn *E* angesetzt. Der seitliche Rohransatz *F* des letzteren ist nur wenige Centimeter lang, während der abwärts gerichtete *H* nach hinten umgebogen durch ein Loch des Brettes *DD* geht, auf der Rückseite etwas hervorragt und mit einem dünnen Druckschlauch *S* verbunden ist.

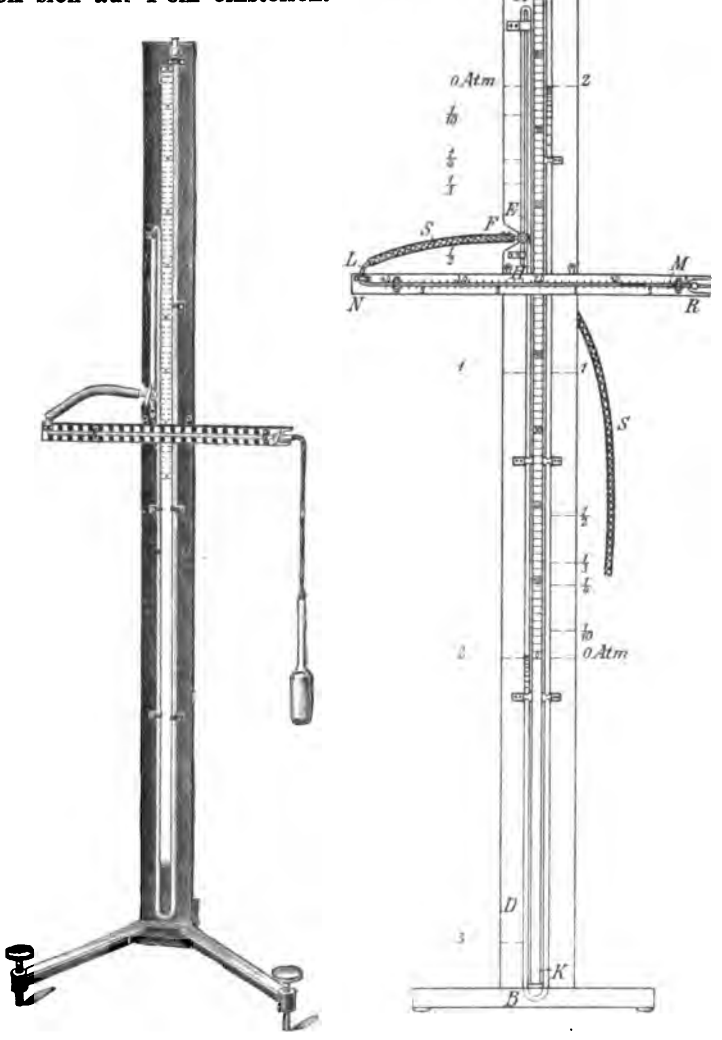
Das Manometerrohr wird bis zur Linie 11 mit reinem Quecksilber gefüllt. Zum Messen des Kuppenabstandes dient ein über Rollen geführtes, hinter dem Brett durch Spiralfedern zusammengehaltenes Meßband *IK*.

Den zweiten Hauptteil bildet das auf einem Brettchen *NR* vor einer Millimeterteilung mit stark ausgezogenen Centimeterstrichen horizontal befestigte, gut kalibrierte, 2 mm weite Rohr *LM*, dessen vorderes Ende durch den Hahn *R* abgeschlossen wird, während das hintere nach oben umgebogene Ende *L* durch ein Stück Druckschlauch mit dem Ansatz *F* verbunden ist.

In dieses wohl gereinigte Rohr ist ein etwa 3 cm langer Faden von reinstem Quecksilber eingebracht. Damit derselbe bei plötzlichen Druckschwankungen nicht

zu heftig vorschnellt und dadurch zerreißt, ist als Dämpfer ein Wattepfropf in das Ende L des Rohres fest eingepreßt.

Der Apparat wird am besten dicht vor dem Experimentiertische auf einen 20 cm hohen Kasten gestellt und der Schlauch S mit einer Hahnenluftpumpe verbunden. — Soll nun das Mariottesche Gesetz vor der Klasse schnell bestätigt werden, so bringt man den Quecksilberfaden in $L\,M$ bei geöffnetem Hahn R durch vorsichtiges Saugen oder Drücken auf den Centimeterstrich 12. Nachdem R geschlossen, drückt man Luft in den Apparat, bis der Quecksilberfaden bei Strich 6 steht; der Kuppenabstand im Manometer $A\,B\,C$ wird dann einer Atmosphäre Überdruck entsprechen. In der Zeichnung ist dieser Fall dargestellt. Drückt man das Quecksilber im Manometer bis in die Stellung 3—3, so wird der Index sich auf 4 cm einstellen.



Läßt man nun die Pumpe saugend wirken und bringt dadurch den Index auf 24, 36, so werden im Manometer sich die Kuppen auf die Punkte $\frac{1}{2} \cdots \frac{1}{2}$, $\frac{1}{3} \cdots \frac{1}{3}$, begeben.

Wenn man vor der Stunde nach dem Barometerstande die Stellen 2, 3, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ durch Kreidestriche bezeichnet hat, braucht diese ganze Beobachtungsreihe kaum 2 Minuten zu dauern.

Selbstverständlich wird man bei Schülerübungen die Anfangsvolume beliebig wählen und bei der Bestätigung des Gesetzes für Überdruck zur Erhöhung der Genauigkeit etwa vom Centimeterstrich 36 ausgehen. Auch kann durch genaue Nachmessung der Länge des Quecksilberfadens die Kalibrierung des Rohres bewirkt werden.

Falls das Manometer nach Abschluß des Luftpumpenhahns nicht stationär bleibt, sperrt man vor der Ablesung durch Vierteldrehung des Hahnes E nach rechts die hintere Leitung ab. Durch Vierteldrehung links wäre auch die Leitung über F gesperrt. Wie sich etwaige Undichtigkeiten an anderen Stellen zu erkennen geben, bedarf keiner Erläuterung. Selbstverständlich wird man solche vor der Demonstration beseitigen. Zum Festschnüren des Schlauches auf den gewulsteten Rohrstutzen dient am besten ausgeglühter Kupferdraht von 1 mm Stärke.

Die vorstehende Konstruktion bezweckte zunächst, das druckanzeigende bezw. druckangebende Quecksilber in ein starres, ein für alle Male fest mit dem Stativ verbundenes Glasrohr einzuschließen, um so den bei den bisherigen Apparaten gleicher Gattung üblichen Schlauch zu vermeiden. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dafs ein solcher langer mit Quecksilber gefüllter Schlauch gewiß nur ein Notbehelf ist und den Grundsätzen solider Konstruktion keineswegs entspricht. Dazu kommt noch der Umstand, daß auch die besten Schläuche mit der Zeit steif und brüchig werden.

Der zweite Hauptzweck war tunliche Herabsetzung der Höhenabmessung und damit zusammenhängend des Gewichtes, sodaß man selbst den für 2 Atmosphären Überdruck geeigneten Apparat bequem mit einer Hand tragen und in seiner senkrechten Stellung durch die Türen bringen kann. Dieser Zweck ist erreicht durch die Absonderung der Meßröhre von dem Manometer, der man so ohne Rücksicht auf die Höhe des ganzen Apparates eine recht beträchtliche, auch für genaue Messungen ausreichende, Länge geben konnte. Unser Apparat ist 170 cm hoch. Demgegenüber haben die gedachten Schlauchapparate nach Feilitz, Pfaundler und anderen bereits für eine Atmosphäre Überdruck eine Höhe von 210 cm. Für 2 Atmosphären Überdruck werden es sogar Ungetüme von 280 cm Höhe. Man könnte einwenden, daß der beschriebene Apparat als solcher nicht vollständig sei, daß die Luftpumpe mit dazu gehörte und dies Ganze doch recht verwickelt erschiene. Demgegenüber ist zu bemerken, daß erstens eine Hahnenluftpumpe in jedem physikalischen Kabinett vorhanden sein muß, zweitens, daß zum Schlauchapparat auch noch zwei ausbalancierte Schlitten zum Höher- oder Niedrigerstellen der Schenkel gehören, weshalb ein solcher erheblich kostspieliger wird als der unsrige, einschließlich einer kleinen Hahnenluftpumpe.

Es dürfte wohl kaum einem Zweifel begegnen, daß der abgebildete und beschriebene Apparat in seiner Bauart und Wirkungsweise einfach, übersichtlich und leicht verständlich ist, daß seine Angaben von einem größeren Auditorium gut beobachtet werden können, daß seine Aufstellung, Bedienung und Instandhaltung so bequem wie nur möglich sind. Überdies kann die Art der Vorführung auch als elegant bezeichnet werden, da sich das Spiel der Indices scheinbar unabhängig von dem seitab stehenden Lehrer vollzieht, wogegen beim Schlauchapparat ein fortwährendes direktes Eingreifen des Experimentators erforderlich ist.

Anhangsweise sei hinzugefügt, daß obiger Apparat, so wie er ist, zu manchen anderen manometrischen Versuchen Verwendung finden kann, sei es für vermehrten oder verminderten Druck. Dahin gehört im besonderen die Bestätigung des Wärmedehnungsgesetzes für Gase. In ähnlicher Weise, wie es mit dem Schlauchmanometer nach dem Vorbilde des Jollyschen Luftthermometers geschehen kann, wird ein 100 ccm fassendes Glasgefäß mittelst kapillaren Schlauchs und Rohransatzes mit dem Ansatzrohr des Hahnes R an unserem Apparat verbunden. Den Quecksilberindex im Rohr ML hatte man zuvor auf einen bestimmten Strich, z. B. 20, gebracht. Wenn sich derselbe nun infolge einer Temperaturänderung des Luftgefäßes verschiebt, so wird er durch einen Gegendruck mittelst der Luftpumpe wieder an seinen alten Ort gebracht. Das Manometer zeigt dann die Größe des zugehörigen Druckes.

Zur Demonstration des Gay-Lussacschen Gesetzes in dieser oder ähnlicher Weise benutze ich nicht ein Wasser- oder Ölbad mit eingetauchtem Thermometer, sondern Gefäße mit Eis, siedendem Äther, siedendem Alkohol, siedendem Wasser. Nimmt man nun den ersten und letzten Punkt als Fundamentalpunkte 0 und 100, so entsprechen die beiden Zwischenpunkte genau den zugehörigen Siedepunkten 35° und 78°.

Soll auch der absolute Wert des Ausdehnungskoëffizienten bestimmt werden, so bedarf es außer der rechnerischen Korrektion wegen der Ausdehnung des Glases noch einer Korrektion wegen des „herausragenden Fadens“. Diese kann zu Beginn der Versuche ein für alle Male festgestellt werden, indem der Kapillarschlauch dicht vor dem Luftthermometergefäß zugeklemmt und das Quecksilber im Manometer etwa um 20 cm hochgedrückt wird. Dabei zeigt es sich, wohin der Index lediglich infolge der Kompression des Luftfadens vorgetrieben wird. Auf die entsprechenden Punkte stellt man nachher bei den Hauptversuchen den Index ein[1]).

Die Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten.

Von

Dr. **E. Grimsehl** in Hamburg.

Der Begriff der Dielektrizitätskonstanten ist für das Verständnis der elektrischen Fernwirkung von so fundamentaler Bedeutung, daß man wohl nicht umhin kann, auch im Unterricht, vielleicht sogar auf der Unterstufe, die Schüler damit vertraut zu machen. Jedenfalls muß auf der Oberstufe der Begriff vollständig entwickelt werden. Nun reicht es aber nicht aus, denselben nur als einen Rechnungsfaktor einzuführen, mittels dessen man die Kapazität irgend eines Kondensators berechnet, sondern es ist unbedingt notwendig, daß der Schüler durch einen Versuch davon überzeugt wird, daß das Dielektrikum auf die elektrische Verteilung von Einfluß ist.

Durch die Ausführung der Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten mittels der Nernstschen Versuchsanordnung (*Zeitschr. f. physikal. Chemie XIV, S. 622, 1894*) wurde ich veranlaßt, einen Apparat zu konstruieren, der, im Prinzip dem Nernstschen Apparate nachgebildet, so vereinfacht wurde, daß er auch im Schulunterricht Verwendung finden kann. Nachdem ich den Apparat habe bauen lassen[2]), habe ich nachträglich gesehen, daß ein dem konstruierten ähnlicher Apparat schon von Winkelmann (*Wied. Ann. Bd. 38, S. 161, 1889*) mit Erfolg für genaue Bestimmung der in Frage kommenden Größe benutzt ist. Der von Winkelmann benutzte Apparat verfolgt aber den Zweck, wissenschaftlich genaue Messungen zu machen, während der meinige ein Schulapparat, demnach wesentlich einfacher und naturgemäß bedeutend billiger aufgebaut ist. Außerdem unterscheidet sich die Versuchsanordnung von der Winkelmannschen durch eine besondere Schaltung, die der Nernstschen Versuchsanordnung entnommen ist. Hierdurch werden die Fehlerquellen, auf die Cohn (*Wied. Ann. Bd. 46, S. 135, 1892*) aufmerksam gemacht hat, vermieden.

Prinzip des Apparates.

Drei gleich große kreisförmige Kondensatorplatten P_1, Q, P_2 (Fig. 1) sind isoliert parallel nebeneinander aufgestellt und zwar so, dafs Q genau in der Mitte zwischen P_1 und P_2 steht. Verbindet man Q mit einer Elektrizitätsquelle, durch welche die Platte auf ein bestimmtes Potential V geladen wird, so werden durch Influenz auf den Platten P_1 und P_2 die Potentiale W_1 und W_2 erzeugt. Letztere sind gleich, wenn das zwischen Q und P_1 bezw. zwischen Q und P_2 befindliche Dielektrikum (z. B. Luft) von derselben Art und von derselben Dicke ist. Verschiebt man aber eine der Platten P parallel zu sich selbst, so wird das auf derselben erzeugte Potential von dem auf der unveränderten Platte hervorgerufenen abweichen. Wenn man nun die beiden Platten P unter Zwischenschaltung eines Apparates T leitend mit einander verbindet,

Fig. 1.

[1]) Herr Max Kohl in Chemnitz hat die Herstellung des Apparates übernommen.

[2]) Der Apparat ist von dem Universitätsmechanikus W. Apel (Inhaber Dr. Max Apel) in Göttingen gebaut.

so wird in der Verbindungsleitung und durch den Apparat T ein Potentialausgleich stattfinden, es wird also ein Stromstoß durch T gehen, der hier in passender Weise wahrnehmbar gemacht werden kann.

Verbindet man Q mit einer Elektrizitätsquelle, die ein rasch wechselndes Potential erzeugt, so wird auch das Potential auf den Platten P rasch wechseln. Bei vollständig symmetrischer Anordnung aber wird in jedem Augenblick das Potential W auf beiden Platten einander gleich sein, daher kein Strom durch T fließen, während bei unsymmetrischer Anordnung der Platten, also wenn die Abstände $P_1 Q$ und $P_2 Q$ ungleich sind, auch die in jedem Augenblicke auf den Platten P induzierten Potentiale von einander verschieden sind. Hieraus ergibt sich, daß dann Ströme wechselnder Stärke und Richtung den Apparat T durchfließen.

Eine unsymmetrische Anordnung wird auch dadurch hervorgerufen, daß man bei gleichen Plattenabständen $P_1 Q = P_2 Q$ zwischen die Platten P_1 und Q oder P_2 und Q ein anderes Dielektrikum, also z. B. eine Glasplatte bringt. Wenn jetzt bei wechselndem Potential auf Q durch den Apparat T wechselnde Ströme fließen, so ist dadurch der Nachweis geliefert, daß die Influenzwirkung von Q auf die Platten P außer von der Dicke des Dielektrikums auch von der Art desselben abhängt. Ist es möglich, bei einseitiger Glasplatte durch Verschiebung einer der Platten P die in T auftretenden Wechselströme wieder zum Verschwinden zu bringen, so läßt sich ausmessen, wie das Dickenverhältnis der Glasplatte und der sie ersetzenden Luftschicht sein muß, um gleiche influenzierende Wirkungen hervorzurufen.

Als Elektrizitätsquelle mit rasch wechselndem Potential steht uns der Induktionsapparat zur Verfügung. Als Apparat zum Nachweis von rasch wechselnden Strömen können wir das Telephon verwenden. Hierbei tritt eine Eigentümlichkeit auf, die mir zuerst unerklärlich war, deren Erklärung aber nachträglich ganz einfach erscheint. Wenn man nämlich als Apparat T ein Telephon mit nur einem wirksamen Magnetpol verwendet, so tönt das Telephon auch bei gleichem Abstande der Platten P von Q, während in diesem Falle in einem zweipoligen Telephon kein Ton zu hören ist. Die Erklärung glaube ich darin suchen zu müßen, daß bei einem einpoligen Telephon natürlich die eine Platte mit den inneren, die andere mit den äußeren Windungen der Elektromagnetspule verbunden ist, wodurch bewirkt wird, daß der symmetrische Aufbau der ganzen Versuchsanordnung gestört ist. Es wird dann auf der Elektromagnetspule des Telephons keinen Punkt geben, der gewissermaßen gleichzeitig Mittelpunkt der elektromagnetischen Wirkung auf die Telephonmembran ist, und von dem aus gerechnet nach beiden Seiten hin Widerstand, Kapazität und Selbstinduktion gleich groß sind, sodaß also stets ein gewisser Restbestand des Stromes eine elektromagnetische Wirkung auf die Telephonmembran ausübt. Bei zweipoligen Telephonen aber ist bei gleicher Anordnung und Windungszahl der beiden Elektromagnetspulen der zwischen den Spulen liegende Verbindungspunkt derselben gleichzeitig Symmetriepunkt für alle in Frage kommenden elektrischen Größen, daher schweigt das zweipolige Telephon bei symmetrischer Anordnung der Platten P zu Q vollständig.

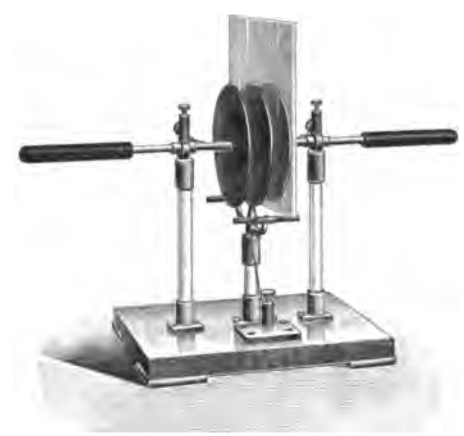
Aus den angegebenen Überlegungen folgt die

Konstruktion des Apparates.

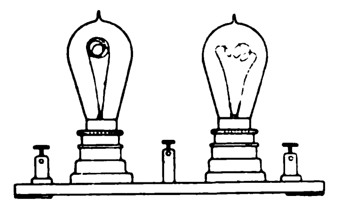
1. Der Kondensator (Fig. 2). Auf einem 12×16 cm großen Grundbrette sind in einem gegenseitigen Abstande von 5 cm drei kräftige Glassäulen befestigt. Die mittlere Glassäule trägt eine feste kreisförmige Messingplatte von 8 cm Durchmesser; die beiden äußeren Glassäulen tragen an ihrem oberen Ende je eine zylindrische Führung für zwei Messingstangen, welche an dem nach außen liegenden Ende mit Hartgummigriffen versehen sind. Auf den einander zugewandten Enden der Messingstangen sitzen zentral befestigt kreisförmige Messingplatten, welche gerade so groß sind, wie die auf der mittleren Glassäule befestigte Platte. Die Messingstangen selbst sind mit einer Einteilung in halbe Millimeter versehen; die Führung hat eine Nullmarke, man kann also die Verschiebung der äußeren Kondensatorplatten an der Verschiebung der Messingstange gegenüber der an der

Hülse befindlichen Nullmarke ablesen. Die auf den äußeren Glassäulen sitzenden Führungen sind außerdem noch mit doppelten Verbindungsklemmen versehen, durch die eine Verbindung einerseits mit dem Induktor, andererseits mit dem Telephon hergestellt werden kann. Die die mittlere Messingplatte tragende Fassung steht durch einen Draht mit einer durch eine Hartgummiunterlage vom Grundbrette gut isolierten Klemme in leitender Verbindung. Außerdem trägt die mittlere Fassung noch zwei seitliche Arme, durch die kleine Hartgummistäbchen hindurchgesteckt sind, die als Träger für solche Platten dienen, welche man zwischen die Kondensatorplatten bringen will.

2. Induktor. Als Induktor eignet sich jeder beliebige kleine Induktionsapparat, wie er für geringes Geld käuflich als sogenannter Elektrisierapparat im Handel zu haben ist. Da diese Apparate aber ein ziemlich lautes summendes Geräusch verursachen, so muß man sie im Nebenzimmer aufstellen, oder in eine Zigarrenkiste mit Watte verpacken, wenn man durch ihren Eigenton nicht beim Beobachten des ganz ähnlich klingenden Telephontones gestört werden will. Fast gänzlich tonlos arbeitet der beim Nernstschen Apparat verwandte Induktor mit Saitenunterbrecher, welcher ebenfalls von der Firma Apel in Göttingen gebaut wird. Man kann diesen Apparat unmittelbar neben sich auf demselben Tische, vor dem man arbeitet, stehen haben, ohne im geringsten durch den Ton gestört zu werden. Der Nernstsche Induktor hat außerdem gleich einen Verzweigungswiderstand, den man sonst besonders braucht, wenn man einen gewöhnlichen Induktor verwendet.


Fig. 2.

3. Der Verzweigungswiderstand. Bei dem oben auseinandergesetzten Prinzip der Versuchsanordnung (Fig. 1) wurde die Platte Q mit dem einen Pol des Induktionsapparates verbunden; von dem anderen Pol war nicht die Rede. Winkelmann (a. a. O.) verbindet den zweiten Pol des Induktors mit der Erde oder läßt ihn auch ganz frei in der Luft endigen. Nernst verbindet den zweiten Pol durch eine Verzweigung mit den Platten zweier Kondensatoren. Letztere Anordnung habe ich im wesentlichen auch benutzt, indem der zweite Pol des Induktors mit den beiden Platten P leitend verbunden wird. Würde man aber einfach einen verzweigten widerstandslosen Draht zur Verbindung der Platten P mit dem zweiten Pol des Induktors verwenden, so würde sich auch jede Potentialdifferenz, die auf den Platten P_1 und P_2 entsteht, hauptsächlich auf diesem Drahte ausgleichen, und nur ein unmerklich kleiner Teil des Stromes würde durch den Apparat T (das Telephon) gehen; deshalb muß man die Verzweigung, die vom zweiten Pol des Induktors ausgeht, durch einen hinreichend großen Widerstand vornehmen. Nernst verwendet als Verzweigungswiderstand zwei Flüssigkeitssäulen (Mannit und Borsäure in Wasser gelöst), die unmittelbar neben seinem Induktor mit Saitenunterbrecher auf demselben Brett montiert sind, eine sehr bequeme Anordnung. Mit Erfolg habe ich auch zwei 220 voltige Glühlampen benutzt, deren Fassungen nebeneinander auf einem Grundbrette montiert sind. Der eine Pol der beiden Fassungen ist mit einer gemeinsamen zwischen den Lampen befindlichen Klemme verbunden, die anderen Pole endigen in getrennten, seitlich auf dem Brett befestigten Klemmen (siehe Fig. 3).


Fig. 3.

4. Das Telephon. Als Telephon habe ich sowohl das von Nernst benutzte Mix und Genestsche Dosentelephon, sowie auch ein im praktischen Gebrauch bei Fernsprechanlagen früher verwandtes Siemenssches Telephon mit langem Hufeisenmagnet mit dem-

selben Erfolge benutzt. Ich erwähne nochmals, daß nach meinen Erfahrungen das Telephon zweipolig sein muß. Ferner füge ich hinzu, daß man das Telephon nur dann unmittelbar mit der Hand anfassen darf, wenn es keine metallische Hülle hat. Bei metallischer Hülle muß man es mit einer isolierenden Handhabe, z. B. einer Holzklammer, versehen. Bei dem Nernstschen Apparate ist das Mix und Genestsche Telephon in eine als Handhabe dienende Holzkapsel eingesetzt.

Versuchsanordnung:

Die Fig. 4 zeigt die Versuchsanordnung schematisch.

Hierin bedeutet E ein kleines Element, das zum Betriebe des Induktors J dient, es ist also mit den Primärklemmen p_1 und p_2 des Induktors verbunden. Die Sekundärklemme s_1 des Induktors ist mit der Mittelklemme des Verzweigungswiderstandes verbunden, deren einzelne gleiche induktionsfreie und möglichst kapazitätsfreie Einzelwiderstände (bei dem Nernstschen Induktor die beiden Flüssigkeitssäulen, bei der Lampenverzweigung die beiden 220 voltigen Glühlampen) durch R_1 und R_2 dargestellt sind. Die beiden Endklemmen des Verzweigungswiderstandes sind mit den Platten P_1 und P_2 des Kondensators verbunden. Die zweite Sekundärklemme s_2 des Induktors steht in Verbindung mit der mittleren Kondensatorplatte Q. Endlich stehen die Außenplatten P_1 und P_2 des Kondensators in leitender Verbindung mit einander durch das zweipolige Telephon T. Bei Gleichheit der Abstände von $P_1 Q$ und $P_2 Q$ schweigt das Telephon. Bringt man zwischen P_1 und Q oder zwischen P_2 und Q eine Glasplatte D oder eine Hartgummiplatte (siehe auch Fig. 2), so tönt das Telephon. Das Telephon kommt wieder zum Schweigen, wenn man die Platte P_2 in die punktiert gezeichnete Stellung verschiebt.

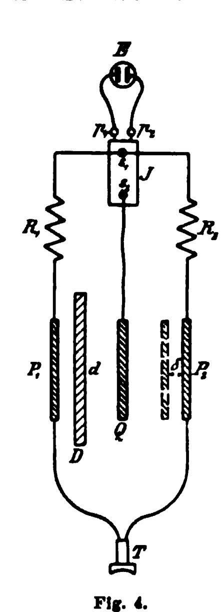


Fig. 4.

Berechnung.

Die Dicke der Platte D sei d, die Platte P_2 werde um die Strecke δ verschoben, um wieder Schweigen des Telephons zu erzeugen.

Durch die Platte D wird eine Luftschicht mit der Dielektrizitätskonstanten 1 von der Dicke d ausgeschaltet und durch eine Glasplatte mit der Dielektrizitätskonstanten k von der Dicke d ersetzt. Es ist also an die Stelle der dielektrischen Schicht d die dielektrische Schicht $\frac{d}{k}$ getreten, dieselbe hat sich also geändert um $d - \frac{d}{k}$. Auf der anderen Seite beträgt die durch Verschiebung δ der Platte P_2 erzeugte dielektrische Änderung δ, folglich muß sein

$$d - \frac{d}{k} = \delta,$$

also ist

$$k = \frac{d}{d - \delta}.$$

Beispiele: 1. Durch Einschieben einer 3 mm dicken Glasplatte zwischen die ungefähr 4 mm von einander entfernten Platten P_1 und Q entstand ein Ton, der wieder verschwand, als man die Platte P_2 um 2,5 mm vorschob. Es war also $d = 3$ mm, $\delta = 2{,}5$ mm, also ist $k = \frac{3}{3 - 2{,}5} = 6$.

2. Eine eingeschobene 2 mm dicke Hartgummiplatte erzeugte einen Ton, der durch die Verschiebung der Platte P_2 um 1,2 mm verschwand. Es war also $d = 2$, $\delta = 1{,}2$, folglich $k = \frac{2}{2 - 1{,}2} = 2{,}5$.

Durch abwechselndes Einschieben der Platte D zwischen $P_1 Q$ oder $P_2 Q$ läßt sich der Grad der Genauigkeit des Resultats noch erhöhen. Ebenfalls würde man bei genauerer

Einrichtung für die Messung der Plattenverschiebung genauere Resultate erhalten. Hierdurch verliert aber der Apparat an Einfachheit und Übersichtlichkeit, deshalb ziehe ich für Schulzwecke die ungenaueren angenäherten Resultate vor, anstatt den Apparat durch besonderes Beiwerk zu komplizieren, denn der Apparat soll in erster Linie ein Unterrichts- und Demonstrationsapparat sein.

Aus demselben Grunde habe ich auch davon abgesehen, zum Nachweis der Wechselströme ein Elektrodynamometer oder ein Vibrations-Galvanometer zu benutzen, da diese Apparate wohl selten in den Schulsammlungen zu finden sein werden. Zwar ist die Beobachtung mit dem Telephon nur subjektiv ausführbar, erfordert aber, wenn man nur den Einfluß des Dielektrikums qualitativ nachweisen will, so kurze Zeit, daß man auch in einer großen Klasse damit in wenigen Minuten fertig wird, wenn man die Schüler einzeln an den Apparat herantreten läßt, oder wenn man das mit dem Apparat durch eine längere Leitungsschnur verbundene Telephon in den Reihen der Schüler herumgehen läßt. Für quantitative Messungen eignen sich besonders die praktischen physikalischen Schülerübungen.

Der Potentialabfall längs eines stromdurchflossenen Leiterdrahts.

Von

Dr. **F. Bohnert,** Hamburg.

Der Potentialabfall in einer Schnur, welche die Pole einer arbeitenden Influenzmaschine verbindet und die in passender Weise durch Fußklemmen ausgespannt ist, läßt sich leicht durch Elektroskope, die man an verschiedenen Stellen der Schnur anlegt, demonstrieren. Der Abfall des Potentials in einem von galvanischem Strom durchflossenen Leiterdraht ist nicht so leicht mit den Mitteln der Elektrostatik zu zeigen, weil die Klemmspannung an den Enden des Drahts gering ist im Vergleich zu der an den Polen der Influenzmaschine und weil das Elektrometer nicht empfindlich genug ist, Bruchteile dieser Klemmspannung zu zeigen. Ich habe mit Versuchen, die ich gemeinsam mit Herrn Dr. J. Schröder in der Oberrealschule vor dem Holstentore in Hamburg angestellt habe, bei folgender Anordnung gute Resultate erzielt.

An die eine Schmalseite des Experimentiertisches wird (s. Fig. 1) das Weinholdsche Rahmengestell (R) gesetzt und sein Fußbrett kräftig beschwert. (Die längere Kante desselben steht der Schmalseite des Tisches parallel.) Die obere Querleiste des Rahmens trägt

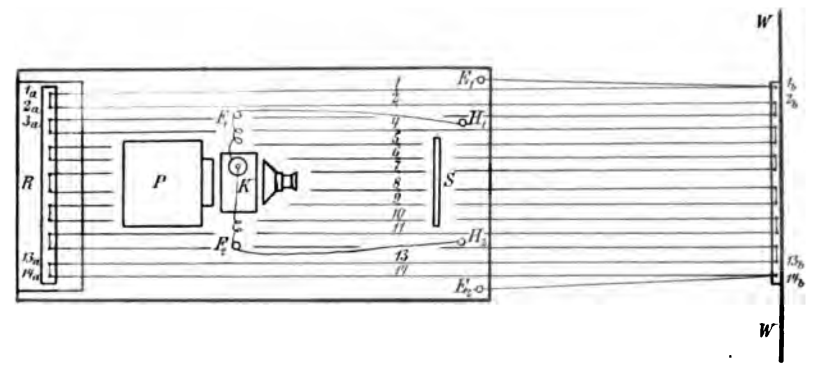


Fig. 1.

14 Häkchen (1a bis 14a), die in je 6 cm Abstand von einander in gleicher Höhe befestigt sind. An der gegenüberliegenden Zimmerwand (W) sind auf einer Leiste in derselben Höhe ebenfalls 14 Häkchen (1b bis 14b) in gleichem Abstand von einander befestigt. Ein dünner Eisendraht (Blumendraht), der pro Meter Länge ungefähr 3 Ohm Widerstand besitzt, führt vom Häkchen 1b nach 1a, von dort nach 2a, 2b, 3b, 3a, 4a u. s. w. und endigt in 14b. Der ganze Linienzug schwebt demnach etwa 1,20 m über dem Experimentiertisch; die

Drahtlänge von einem Häkchen zum gegenüberliegenden beträgt 418 cm, der ganze Draht ist 14 × 418 cm = 58,52 m lang und stellt einen Widerstand von rund 175 Ohm dar; die einzelnen Abschnitte von 418 cm Länge liegen parallel [zur längeren Kante des Experimentiertisches über demselben. Von den Kabelenden der städtischen Stromzuführung (E_1 und E_2), an denen die Klemmspannung gegen 220 Volt beträgt, gehen Drähte zu den Enden 1b und 14b des Eisendrahts und führen ihm einen Strom von etwas mehr als 1 Ampère zu, der den Eisendraht nur mäßig erwärmt.

Auf dem Experimentiertisch, unter dem Linienzuge des ausgespannten Eisendrahts steht vor der mit Auerlicht betriebenen Projektionslampe (*P*) ein nach Ladungsmengen geeichtes Kolbesches Elektrometer (*K*); vor dem Projektionskopf, 80 cm von demselben entfernt, auf dem Tische ein kleiner quadratischer Papierschirm (*S*) von 35 cm Kante, auf welchem das Skioptikon im mäßig verdunkelten Zimmer ein deutliches Bild des Elektrometerblättchens und der 5 ersten Teile seiner Skala entwirft. Auf das Elektrometer ist eine Kollektorplatte aus Messing von etwa 8 cm Durchmesser geschraubt. Dieselbe ist von der zugehörigen ebensogroßen Kondensatorplatte durch ein Blatt feines, mit Paraffin getränktes Schreibpapier isoliert. Sowohl von der Kollektorplatte, wie von der Kondensatorplatte führt ein feiner Draht zunächst zu je einer isolierten Fußklemme (*F*) und von dort je in etwa 120 cm Länge in loser Spannung zu einem leichten isolierenden Handgriff (*H*) (Hartgummifederhalter), der lose in einem Stativ (Bunsenbrennerröhre) steckt. Diese Zuführungsdrähte endigen an diesen Handgriffen in blanken Haken von Kupferdraht von etwa $^1/_2$ mm Dicke. Das Elektrometergehäuse ist durch eine Kette zur Gasleitung hin abgeleitet.

Die Mitten der einzelnen Züge des Eisendrahtes mögen der Reihe nach mit 1, 2, 3, . . . 14 bezeichnet werden. Der Verlauf des Versuchs ist folgender: Man faßt die Handgriffe und hängt mit ihrer Hilfe die Zuführungsdrähte der beiden Kondensatorplatten an die Stellen 1 und 14, schaltet den Strom in die Leitung, hakt mit Hilfe der Handgriffe die Zuführungsdrähte wieder von der Leitung ab und setzt die Handgriffe, ohne die Zuführungsdrähte ableitend zu berühren, wieder in ihre Stative. Dann hebt man die Kondensatorplatte am isolierenden Glasgriff vom Kollektor ab und beobachtet den sich zeigenden Ausschlag a_1 des Elektrometers. Dann wird die Kondensatorplatte an ihren Platz auf dem Kollektor zurückgeführt, und Kollektor und Kondensator werden durch gleichzeitige Berührung mit zwei Fingern gegeneinander entladen. — Der Versuch wird wiederholt, indem man die Haken der Reihe nach auf die Stellen 2 und 14, 3 und 14 u. s. w. setzt und die zugehörigen Ausschläge a_2, a_3 u. s. w. des Elektrometers beobachtet.

Die Ausschläge, die man auf solche Weise beobachtet, sind proportional den Potentialunterschieden, welche in der Eisendrahtleitung in Punkten bestehen, deren Entfernungen von einander bezw. 13 × 418 cm, 12 × 418 cm, 11 × 418 cm u. s. w. betragen.

Man findet z. B. folgende Resultate:

Länge der Leitung zwischen den Kontakten der Zuführungsdrähte	Ausschlag am Elektrometer
13 × 418 cm	a_1 = 4,3 Skalenteile
12 × 418 -	a_2 = 4 -
11 × 418 -	a_3 = 3,5 -
10 × 418 -	a_4 = 3 -
9 × 418 -	a_5 = 2,5 -
8 × 418 -	a_6 = 2,2 -
7 × 418 -	a_7 = 1,7 -
6 × 418 -	a_8 = 1,2 -
5 × 418 -	a_9 = 0,7 -

Eine Ausdehnung der Beobachtung auf kürzere Leitungsstrecken erweist sich untunlich; augenscheinlich werden dann unkontrollierbare Reibungseinflüsse in der Aufhängung des Elektrometerblättchens merklich, welche die Resultate verderben. Es mag auch sein, daß die Kontaktwiderstände an den Zuführungsstellen der Elektrometerdrähte bei gering werdender Potentialdifferenz der Kontaktstellen anfangen, eine Rolle zu spielen. Es wird aber

durch den Versuch mit einer für die Schule ausreichenden Genauigkeit erwiesen, dafs längs einer Strecke von (13—5) · 418 cm = rund 33,5 m ein Potentialabfall in der Leitung stattfindet, der auf je 418 cm im Mittel 0,45 Skalenteilen Ausschlag des Elektrometers entspricht und der proportional den eingeschalteten Längen (bezw. Widerständen) zwischen den Zuführungsstellen der Elektrometerdrähte ist.

Zwischen den Punkten 7a und 8a (Fig. 2) kann die Drahtleitung durch Lösen einer Klemmschraube K unterbrochen werden. Dann führen von den Punkten 7a und 8a zwei herabhängende Drahtenden zu zwei Fußklemmen (A_1 und A_2), von denen Kupferdrähte zu zwei plattenförmigen Kohleelektroden (C_1 und C_2) von (8 × 4) qcm Fläche führen, die in einen kleinen, mit Leitungswasser gefüllten Trog (T) tauchen. Löst man die Klemmschraube K, schaltet man also in die Drahtleitung den Flüssigkeitswiderstand ein, der durch die Flüssigkeit zwischen den Kohleplatten dargestellt wird, und beobachtet man jetzt den Elektrometerausschlag a_1', der entsteht, wenn die Elektrometerdrähte an die Stellen 1 und 14 der Leitung gehängt werden, so findet man $a_1' = 5$—6 Skalenteilen, also bedeutend größer, als vorher a_1. Man erhält eine qualitative Bestätigung des Satzes, daß die Potentialdifferenz zwischen zwei Stellen der Leitung mit der Größe des eingeschalteten Widerstandes zwischen diesen Stellen wächst und gleichzeitig eine anschauliche Vorstellung von dem geringen Leitvermögen der Flüssigkeiten. — Man kann auch, durch Zusatz von Säure, qualitativ zeigen, wie sich dieses Leitvermögen mit der Konzentration der Flüssigkeit ändert.

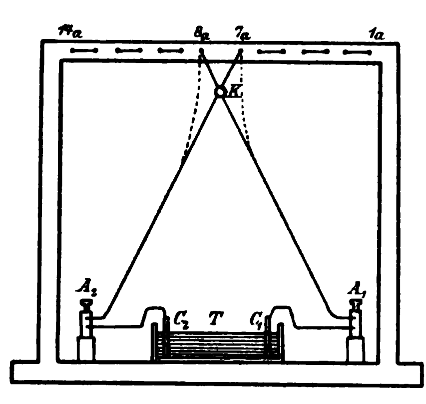


Fig. 2.

Es bleibt übrig, zu zeigen, wie mit einer durch eine Querschnittsänderung bedingten Verminderung des Widerstandes zwischen zwei Punkten der Leitung die Potentialdifferenz zwischen diesen Punkten abnimmt. Die Flüssigkeitswanne wird wieder ausgeschaltet durch Anziehen der Klemmschraube K. Die Elektrometerdrähte werden an die Punkte 6 und 14 gehängt, die zugehörige Potentialdifferenz a_6 wird wieder wie vorher äquivalent mit 2,2 Skalenteilen Ausschlag bestimmt. Die Länge des zwischen Punkt 6 und Punkt 14 eingeschalteten Eisendrahts beträgt 8 × 418 cm. Ein ebenso langes Drahtende von derselben Sorte Eisendraht ist in 10 Windungen um einen großen Rahmen von 1,50 m Seitenkante (es wurde der große Projektionsschirm für die elektrische Lampe dazu benutzt) herumgewunden und endigt frei in Enden von 1,75 m Länge. Die Enden tragen blanke Kupferdrahthäkchen. Diese Enden werden, nachdem der Schirm, der überdies in seinem Fußstativ drehbar ist, auf passende Entfernung herangeschoben ist, auf die Punkte 6 und 14 der ursprünglichen Leitung gehängt. Dadurch wird dem einfachen Leitungszug zwischen diesen Punkten ein zweiter, von derselben Länge und gleicher Beschaffenheit wie der erste, parallel geschaltet, oder, was dasselbe ist, der Querschnitt der Leitung zwischen den Punken 6 und 14 wird verdoppelt, oder der Widerstand dieser Leitung wird durch Querschnittsverdoppelung halbiert. Der Elektrometerausschlag a_6', den man jetzt beim Anlegen der Elektrometerdrähte an die Punkte 6 und 14 beobachtet, beträgt 1,1 Skalenteile. Mit der Halbierung des eingeschalteten Widerstandes sinkt also die Potentialdifferenz an den Enden des betrachteten Leiterstücks auf die Hälfte.

Die Versuche gelingen sicher und sind sehr anschaulich. Die geringe Dicke des Eisendrahts macht eine gewisse Vorsicht in seiner Behandlung nötig, dieselbe macht aber keine Schwierigkeit, wenn man die anzuhängenden Handgriffe leicht genug wählt. Der Kontakt des Eisendrahts mit den Elektrometerdrähten und den Enden des erwähnten, parallel zu schaltenden Widerstandes wird durch einfaches Anhängen der an ihren Enden befestigten Häkchen mit hinreichender Sicherheit bewirkt.

Kleine Mitteilungen.

Einfache Apparate für Funkentelegraphie.

Von Dr. L. Bleekrode im Haag.

Im IV. Heft d. Jahrgangs sind (S. 222 u. 229) einige einfache Vorrichtungen angegeben, die auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie und elektrischen Wellen Interessantes zu erreichen gestatten. Dieses veranlaßt mich, auch meine Erfahrungen in jener Hinsicht hier zu veröffentlichen, umsomehr, als ich Gelegenheit hatte, mit denkbar einfachsten Anordnungen eine wirkliche Installation für Funkentelegraphie herzustellen, welche, im Auftrage der hiesigen Regierung, zwischen einer Station an der Meeresküste (Hoek von Holland) und dem Feuerschiffe auf 16 km Entfernung nach Popoffs System eingerichtet ist. Bekanntlich hat Popoff (1900) zuerst das Telephon bei der Funkentelegraphie eingeführt, und es sind seitdem Telephonempfänger bei den verschiedenen Systemen (Slaby-Arco, Braun-Siemens, Popoff-Ducretet) in Anwendung gekommen.

Ich befestigte zwei Kohlenstücke (aus einer Bogenlampe) in paralleler Lage auf einem Brettchen von 1 qdm (die Länge der Kohlen betrug etwa 5 cm, die Dicke 6 mm), legte quer darüber drei oder vier gewöhnliche Nähnadeln und brachte diesen höchst einfachen Kohärer in einen Stromkreis mit einem Telephon und ein Paar kleinen Trockenelementen. Zur Aufnahme von Telegrammen vom Feuerschiff wurde schließlich eines der Kohlenstücke mit dem isolierten Leiter am üblichen hohen Mast (von 40 Meter Höhe) verbunden, die andere Kohle geerdet. Nun konnte man im Telephon sehr deutlich die Telegramme mit dem Gehör aufnehmen (wie beim Sounder-Apparat bei der gewöhnlichen Drahttelegraphie), indem die kürzer oder länger anhaltenden Funken des Induktoriums auf dem am Schiffe entsprechende aber scharf von einander getrennte Geräusche im Telephon hervorriefen; man konnte sogar das eigentümliche Geräusch, welches das Abbrechen der Funken in der Flüssigkeit begleitet, unterscheiden. Ein jeder kann diese sehr einfache aber hochempfindliche Vorrichtung mit allem Zubehör in der Tasche bei sich führen, und sofort in der Nähe eines Installationspostens für drahtlose Telegraphie in Wirkung setzen, indem er einen Leiter an irgend einem hohen Aufhängepunkt isoliert befestigt und mit der einen Kohle in Kontakt bringt; eine Erdleitung für die andere Kohle findet sich ja immer vor.

Dieselbe Vorrichtung läßt sich nun zu Demonstrationsversuchen der drahtlosen Telegraphie benutzen und sich zusammensetzen aus Apparaten, die in jeder Sammlung, selbst bei sparsam dotierten Schulen, vorhanden sind, ja manchem Schüler zugänglich sein werden.

Als Funkengeber und Erreger der Schwingungen reicht ein Induktorium von 1 cm Funkenlänge aus, wenn man durch zwei Zimmer, etwa auf eine Entfernung von 15 m telegraphieren will. Es wird in einen Stromkreis mit einer kleinen Leydener Flasche und mit dem Morse-Stromschlüssel eingeschaltet, oder man arbeitet nötigenfalls mit dem Stromunterbrecher des Induktoriums. Der eine seiner Pole trägt einen vertikalen Kupferdraht von ca. 40 cm Länge, der andere ist zur Erde abgeleitet; ein Funken von einigen mm genügt bei schneller Stromunterbrechung.

Es wird nun im Nebenzimmer oder weiter entfernt der bereits beschriebene Telephonapparat aufgestellt, der sofort arbeitsfähig ist, wenn die eine der Kohlen Erdverbindung hat und die andere mit einem vertikalen Kupferdraht von etwa 40 cm Länge versehen wird. Man kann für die Erdverbindung die Gasleitung wählen, aber selbstverständlich nicht für den Empfänger und Funkengeber zur gleichen Zeit, da man dann Kurzschluß hätte; man nimmt für den anderen Apparat die Wasserleitung. Wenn die Zimmer neben einander liegen, oder wenn man in dem nämlichen Lokal arbeitet, braucht man nicht einmal die Erdleitung und Kupferdrähte.

Es muß natürlich ein jeder das Telephon für sich ans Ohr halten, und in diesem Falle ist der Empfänger autodekohärierend. Es ist daher interessant, daß, wenn das Telephon durch ein Demonstrationsgalvanometer ersetzt wird und durch leichtes Klopfen in der

Nähe des Brettchens der Zeiger eine gewisse Ablenkung aus der Nulllage angenommen hat, also das Instrument unter Strom steht, bei jedem Funken die Ablenkung zunimmt, aber der Zeiger nicht aus sich selbst zurückkehrt. Dies geschieht erst nach leisem Klopfen und man erläutert auf diese Art das gewöhnliche Verhalten des Kohärers. Es macht also für die Wirkung des Kohärers einen Unterschied, ob man Selbstinduktion im Stromkreise hat oder nicht.

Man kann noch andere Beobachtungen machen; so z. B. fand ich, wenn statt Stahlnadeln ein dünner Kohlenstift zum Überbrücken der Kohlen diente, daß öfters der Induktionsfunke eine Vergrößerung des Widerstandes im Kohärer statt einer Verringerung hervorrief; auch bei Platindrähten zeigte sich dieses anormale Verhalten, es kann aber auch die gewöhnliche Vergrößerung des Widerstandes sich einstellen.

Während eines Gewitters ist der Apparat empfindlich genug, daß der Zeiger des Galvanometers in unruhiger Bewegung erhalten wird, namentlich wenn Blitze sich in der Nähe ausbilden.

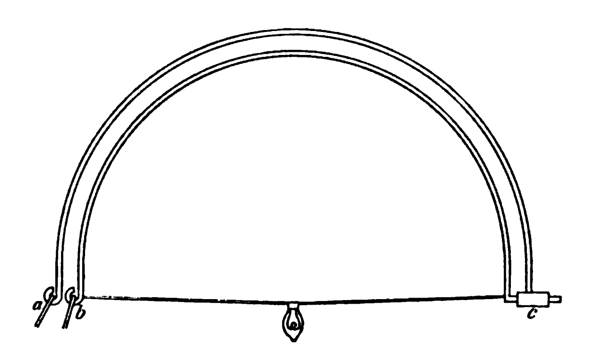
Wie auch Herr Schreiber angibt, fand ich, daß ein Gewicht von 5 kg auf einer Glasplatte über die quer gelegten Drähte gebracht, die Wirkung im Telephon nicht aufhob, auch nicht am Galvanometer. Es wird verständlich sein, daß dieser Empfangsapparat für elektrische Wellen auch ein ausgezeichnetes Mikrophon von größter Empfindlichkeit darstellt, indem z. B. eine Uhr, in der Entfernung von einem halben Meter von dem Brettchen auf den Tisch gelegt, doch im Telephon sein Klopfen vernehmbar werden läßt. Eine kleine Belastung auf die Nähnadeln ausgeübt, hebt jedoch die Mikrophonwirkung auf, wie ja zu erwarten war. Es ist dies immerhin ein für Schüler interessanter Versuch, um den Unterschied zwischen der Wirkung akustischer und elektrischer Wellen zu zeigen.

Ein Impedanzversuch.

Von **P. H. Eykman**, dirig. Arzt der physiatrischen Anstalt zu Scheveningen.

Vor zwei Jahren demonstrierte ich in einem Vortrag ein modifiziertes Impedanzexperiment. Da ich glaube, daß dasselbe bis jetzt noch nicht publiziert ist und es sich durch Eleganz auszeichnet, so will ich hier die Beschreibung geben.

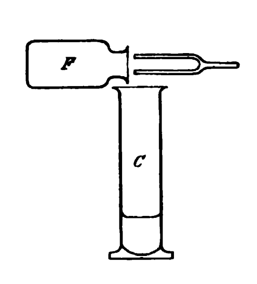
Beim gewöhnlichen Impedanzversuch benutzt man bekanntlich einen Halbkreis von starkem Kupferdraht und als Nebenschluß eine kleine Glühlampe. Schließt man den hochfrequenten Hochspannungswechselstrom an, so gibt der Strom der Lampe den Vorzug und bringt diese zum Glühen. Leitet man den Strom aber noch durch einen zweiten halbkreisförmigen Draht von gleicher Dicke, der mit dem ersten parallel geht, wie die Figur es zeigt, so hat der Strom in beiden Drähten entgegengesetzte Richtung und die Selbstinduktion, die Ursache der Impedanzerscheinung, tritt nicht auf; daher fließt der Strom nun durch beide Kupferdrähte unter Umgehung der Glühlampe, die in diesem Falle nicht aufleuchtet. In der Figur bedeuten *a* und *b* die Stromanschlüsse.



Versieht man den Vereinigungspunkt der Drähte mit einem Gelenk *c*, sodaß man die Ebenen der beiden Drähte senkrecht aufeinander stellen kann, so leuchtet die Lampe jedesmal auf, sobald die Drähte diese Stellung eingenommen haben. Stellt man sie wieder parallel, so erlischt die Lampe sogleich.

Versuche mit einfachen Mitteln*).

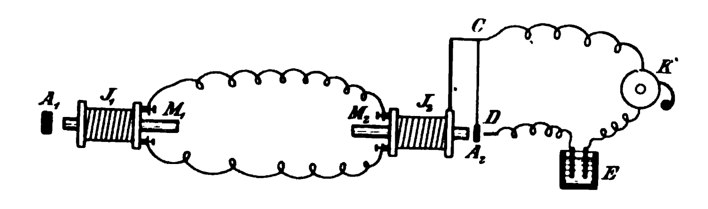
1. H. Rebenstorff in Dresden: **Einfache Versuche über Interferenz von Tonschwingungen.** Der Standzylinder C (s. Figur) ist mit Wasser auf den Ton einer Stimmgabel abgestimmt. Hält man ein zweites Resonanzgefäß F darüber, sodaß die beiden Mündungen einander nahe sind, und bringt hierauf die Zinken der angeschlagenen Stimmgabel in die aus der Figur ersichtliche Stellung, so ist der Ton sehr schwach und kann durch Verschieben von F leicht unhörbar gemacht werden. Fortnehmen des einen der Resonanzgefäße läßt den Ton natürlich wieder hervortreten. Der Schüler wird selbst zur Erklärung angeben können, daß während z. B. beim Herabschwingen der unteren Gabelzinke in C eine Luftverdichtung eindringt, das Auseinanderschwingen der beiden Zinken vor F eine Verdünnung entstehen läßt. Da man den drei Gegenständen verschiedene Stellungen zueinander geben kann, in denen die stehenden Wellen bald gleiche, bald entgegengesetzte Phasen haben, so kann man mehrmals einer Deduktion der zu erwartenden Erscheinung den Versuch folgen lassen. Weniger einfach ist es, zu erklären, warum die Resonanz beider Luftsäulen bei gleichen Phasen den Ton nicht lauter macht, als er infolge Resonanz einer einzigen Luftsäule erscheint.



Ohne weiteres geeignete Resonanzgefäfse, wie das weithalsige Fläschchen F, findet man, wenn man mit einigen Stimmgabeln ein Flaschenlager durchprobiert. Etwas zu tiefe Gefäfse stimmt man dauernd richtig durch Eingiefsen von geschmolzenem Wachs oder dergl. nach gelindem Anwärmen des Glases. Die erforderliche Höhe der Bodenschicht mufs natürlich vorher mittelst Wasser festgestellt sein. An Stelle der abgestimmten Flasche verwende man uch eine beiderseits offene Röhre von halber Wellenlänge des Tones.

Eine weitere Gruppe einfacher Interferenzwirkungen beobachtet man, wenn man in die tönende Luftsäule des Cylinders C Röhren einsenkt, deren Längen gerade, bezw. ungerade Vielfache der Viertelwellenlänge des Tones sind. Durch Schliefsen der äufseren Öffnung dieser Röhren geht ihr Einflufs auf die Tonstärke natürlich ins Entgegengesetzte über. Eine den Ton schwächende Röhre ist umso wirksamer, je tiefer sie eingesenkt wird. Berührt man die Wasseroberfläche, so wird der Einflufs der Röhre natürlich plötzlich beseitigt. Damit der Ton für die Zuhörer verschwinde, mufs der Querschnitt der eingesenkten Röhre mindestens ein Viertel des Cylinderquerschnitts betragen.

2. Penseler in Blankenese: **Die Wirkungsweise des Telephons** pflegt man in der Weise zu zeigen, daß man 2 Induktionsspulen, I_1 und I_2, in die zwei kräftige Stahlmagnete M_1 und M_2 gesteckt sind, durch Leitungschnüre mit einander verbindet. Vor dem Pole des einen Magneten ist ein an leicht beweglicher Metallfeder hängendes Eisenplättchen A_2 angebracht; während dem Pole des anderen Magneten ein kleiner Eisenanker A_1 mit der Hand genähert oder von ihm entfernt werden kann. Durch das Nähern und Entfernen des Ankers A_1 wird bekanntlich infolge der entstehenden Induktionsströme und der wechselnden Magnetisierung das Eisenplättchen A_2 angezogen und abgestoßen.



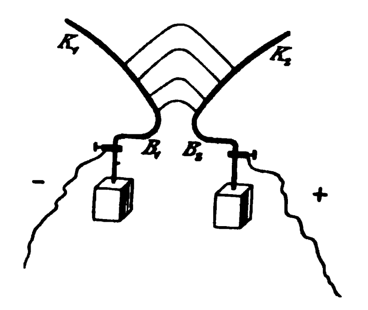
Die Schwingungen, in die A_2 gerät, sind indessen auf größere Entfernungen nur wenig sichtbar. Man kann sie aber durch Hinzufügen folgender Vorrichtungen deutlich wahrnehmbar machen. Man braucht nur den Stromkreis eines Elementes E, in das eine elektrische Klingel K eingeschaltet ist, durch die Bewegungen der schwingenden Metallplatte zu schließen

*) In dieser neuen Abteilung sollen Versuche, die keine kostspieligen Apparate erfordern, sowie auch Schulversuche und Freihandversuche eine Stelle finden. *Die Redaktion.*

und zu öffnen. Zu dem Zwecke verbindet man den einen Pol des Stromkreises bei C mit der Metallfeder und befestigt den anderen Pol D 1—2 mm weit von der Eisenplatte entfernt. Sobald nun das Eisenplättchen in Schwingungen gerät, wird durch seine Berührung mit dem Pole D der Strom geschlossen, und die elektrische Glocke ertönt. Mit den Schwingungen hört auch die Klingel zu läuten auf.

3. Penseler in Blankenese: **Das Ausblasen des Flammenbogens** bei den Siemensschen Hörnerblitzableitern läßt sich folgendermaßen leicht vorführen.

Zwei Kupferbügel K_1 und K_2, denen man annähernd die Form der Hörnerblitzableiter gegeben hat, werden auf 2 Holzklötzen befestigt, mit den Polen der elektrischen Lichtleitung verbunden und, wie die Figur zeigt, einander gegenüber gestellt.



Nachdem man die beiden Hörner an den Stellen B_1 und B_2 mit einander in Berührung gebracht hat, entfernt man sie ein paar Millimeter von einander, dann bildet sich der Lichtbogen, der sich aber schnell verändert, denn hauptsächlich infolge der erwärmten aufsteigenden Luft wird er nach oben geblasen, er wird, da sich die Hörner nach oben hin von einander entfernen, länger und länger, bis er nach wenigen Sekunden zerreißt.

4. J. Jung in Sternberg: **Zur Funkentelegraphie.** Die an sich schon sehr einfache Versuchsanordnung des Herrn Geschöser (d. Jahrg. S. 222) kann meiner Erfahrung nach immer noch sparsamer gestaltet werden. Schaltet man statt der Glocke hinter den Fritter aus magnetisierten Stricknadeln und Eisenpulver ein Vertikalgalvanometer, das weithin sichtbare Ausschläge geben kann, so kann man dasselbe bereits ausschlagen sehen, wenn nicht sehr weit vom Fritter Funken aus dem Konduktor einer gewöhnlichen Reibungselektrisiermaschine gezogen werden. Sicherer erfolgt der Ausschlag, wenn man einen Funkeninduktor — selbst ohn jeede Zutat — in Tätigkeit setzt. Noch kräftiger ist die Wirkung einer Flaschenentladung, wobei die Flasche natürlich mit der Reibungsmaschine geladen sein kann, oder — der automatischen Neuladung wegen — mit den sekundären Polen eines Induktors verbunden ist. Den Funken entnimmt man nach Bedarf mittelst eines gewöhnlichen Ausladers.

Anmerkung d. Red. Einen weiteren Versuch s. ds. Heft S. 36 (Boys).

Für die Praxis.

Herstellung von Kollodiumballons. Von **H. Rebenstorff** in Dresden. Die als kleine Luftballons, sowie zu elektrischen Versuchen geeigneten Kollodiumhüllen werden bekanntlich dadurch erhalten, daß man die nach Ausschwenken eines kugeligen Glasgefäßes mit Kollodiumlösung zurückbleibende Benetzungsschicht nach dem Trocknen sehr vorsichtig herauszieht. In vielen Fällen wird das Zerreißen der dünnen Häutchen, unter Umständen auch das zu große Gewicht der mühsam ins Freie gebrachten Ballons, von der Wiederholung des Versuches einer Selbstbereitung abschrecken und durch Ausgabe einiger Mark für einen kleinen Vorrat wird man sich vor weiterer Zeitverschwendung bewahren.

Bei Benutzung des im folgenden beschriebenen Verfahrens gelingt die Herstellung ohne besondere Mühwaltung mit großer Sicherheit. Ein oder mehrere Rundkolben von etwa $^1/_2$ l Inhalt werden mit destilliertem Wasser gereinigt und mit etwas Alkohol, zuletzt mit Äther behufs schnellen Trocknens — vielleicht auch zur Gewinnung günstiger Adhäsionsverhältnisse der Innenwand — ausgespült. Bald nach dem Abdunsten des Äthers aus den verkehrt in Stativringe gestellten Kolben gießt man eine Quantität des mit Methylviolett gefärbten gewöhnlichen Kollodiums der Apotheken hinein und läßt dies über die gesamte Kolbenwandung rinnen, wobei man besonders bei stark gefärbtem Kollodium acht geben muß, daß nicht eine Wandstelle unbenetzt bleibt. Nach Zurückgießen des Überschusses stellt man den Kolben wieder verkehrt in einen Stativring. Ein eine Handbreit darunter

befindliches Schälchen nimmt die noch reichlich abrinnenden Kollodiummassen auf, die später wieder gelöst und neu benutzt werden können. Den Farbstoff löst man wohl am besten vorher in etwas Äther, gießt diesen in die Kollodiumflasche und beschleunigt durch Herumwälzen die Vermischung. Luftblasen läßt man vor Benutzung des Kollodiums emporsteigen.

Das Herausziehen der Ballonhülle geschieht in sicherer, fast belustigender Weise, wenn man damit nicht etwa bis zum völligen Trocknen wartet, sondern nur solange, bis der Kolbenbauch sich nicht mehr kalt anfühlt, während die aus der Mündung geronnenen Kollodiummassen noch ziemlich weich und kalt, aber nicht mehr klebrig sind. Nach dem Abschneiden der letzteren löst man die Membran ringsherum an der Kolbenmündung mit dem Messer ab und senkt ein etwa 1 cm dickes und 25 cm langes Glasrohr mit seinem gut rundgeschmolzenen Ende bis in die Mitte des Kolbens ein; das andere Ende des Rohres ist mit einem kurzen Schlauchstück versehen. Man drückt nun mit dem Zeigefinger eine Stelle der abgelösten Membran innerhalb der Kolbenmündung gegen das Glasrohr und dreht um dies als Achse den in der andern Hand gehaltenen Kolben. Dabei windet sich zunächst das vom Kolbenhals sich lösende weiche Kollodium luftdicht um das Rohr und bei weiterem Drehen auch der Kugelteil des Ballons, sodaß die weiche Hülle mit Leichtigkeit herausgezogen werden kann. In einigen Fällen haftete die Membran an einer Stelle der Kolbenwand etwas stärker, konnte aber durch Zerren mit dem Glasrohr nach der entgegengesetzten Seite oder auch durch Drücken mittels eines neben dem Glasrohr eingeführten, am Ende abgerundeten Glasstabes leicht abgezogen werden. Nicht ratsam erschien es, das Ablösen des Häutchens durch Saugen an dem Glasrohr zu unterstützen; dadurch bildeten sich Ventilschlüsse seitens des Kollodiums, die nicht immer durch Einblasen beseitigt werden konnten. Nach dem Ausbringen des Ballons bindet man mit Zwirnsfaden dessen Halsteil möglichst am Anfange, also dort, wo man ihn mit dem Zeigefinger angedrückt hatte, auf dem Glasrohr fest und bläst ihn sofort zu einer prächtigen Kugel auf. Die jetzt noch sehr dehnbare Membran bringt man leicht auf eine viel größere Ausdehnung, als sie im Kolben besaß. Eine Vergrößerung des Durchmessers um die Hälfte ist wohl hierbei das Richtige, da bei weiterem Aufblähen die Wandung gar zu dünn wird. Das Schlauchstück drückt man noch vor dem Munde mit den Fingern zusammen und schließt es mit einem Quetschhahn oder Glasstöpselchen ab. An dem seinerseits befestigten Glasrohr hängend, läßt man den in seinem prall aufgeblähten Zustande verbleibenden Ballon völlig trocknen. Sein Gewicht geht dabei auf beiläufig ein Zehntel herab. Der Kolben kann natürlich nach dem Entfernen eines Ballons wieder beschickt werden und in Zwischenräumen von etwa einer Stunde je eine Kollodiumhülle liefern.

Das Häutchen ist nach gänzlichem Austrocknen unter dem Zwirnsfaden dem Glasrohr fest aufgeklebt, sodaß man es hier abschneiden muß. Die Ballons drücke man auf dem Tische mit einer ebenen Fläche zusammen und bewahre sie etwa in einem Schreibhefte auf.

Hinsichtlich der Verwendung von Kollodiumstückchen (d. Zeitschr. XIV, 295) sei hier nachgetragen, daß ein Bausch davon an Stelle von Schiefsbaumwolle benutzt werden kann, um die zündende Wirkung der verzögerten Entladung zu zeigen (vergl. Weinhold, *Demonstrationen*, (3), *S. 657*).

Porzellanleuchter als isolierende Ständer. Von **Hermann Hahn.** Man kittet eine reine, trockene, starke Röhre aus nichtleitendem Glase mit Kork und Siegellack oder Schellack in einen niedrigen Porzellanleuchter, bohrt in einen breiten Kork ein so großes Loch, daß er sich stramm auf das obere Ende der Glasröhre, die man mit Firnis überstreicht, aufschieben läßt, und legt eine Paraffinscheibe auf diesen Kork. Durch Eingießen von Öl in den Teller des Leuchters kann man die Isolation ungemein steigern. Überhaupt sind Leuchter aus Porzellan, Metall u. s. w. sehr bequem zu verwertende Fußgestelle, deren mannigfache Verwendbarkeit bei der Selbstanfertigung physikalischer Apparate man seither übersehen hat.

Berichte.

1. *Apparate und Versuche.*

Apparate für Reflexion und Brechung des Lichtes. Von W. Stahlberg. In einer Programmabhandlung der Realschule zu Steglitz[1]) hat der Verfasser außer den bereits in dieser Zeitschrift (*XV*, *65*) bekannt gemachten Vorrichtungen noch einige andere beschrieben, die für den Unterricht von Interesse sind. Zur Einführung in die Gesetze der Kugelspiegel empfiehlt er die wohl zuerst von K. Fuchs (d. Zeitschr. *VII*, *296*) angegebene Benutzung von Bauklötzchen, an die schmale ebene Spiegelchen angeklebt werden. Besonders brauchbar haben sich ihm für diesen Zweck die Halbbögen der Richterschen Ankerbausteine erwiesen (wie Fig. 1 sie zeigt), da sie die nötige Schwere und genaue Winkelung besitzen. Die Spiegelchen werden am besten erst an der Rückseite mit Seidenpapier beklebt und dann mit Fischleim an den Klötzchen befestigt. Die Klötzchen werden auf dem Tisch längs eines Kreis-, Parabel- oder Ellipsenbogens aufgestellt und bringen das betreffende Reflexionsgesetz zur Anschauung. Um das Gesetz auch am Hohlspiegel selbst zu demonstrieren, stellt der Verfasser ein Kartonmodell her, bestehend aus einem der spiegelnden Fläche genau angepaßten Sektor, gegen dessen hintere Fläche ein zweiter Sektor rechtwinklig angesetzt ist, sodaß das Modell sich an der spiegelnden Fläche beliebig verschieben läßt. Auf der Vorderfläche des ersten Sektors ist ein Kugelradius ausgezogen und symmetrisch sind auf beiden Seiten Strahlen in gleichen Winkelabständen aufgezeichnet. Läßt man ein schmales Lichtbündel an dem Karton streifend auf den Spiegel fallen, so wird der Lichtweg vor und nach der Reflexion übereinstimmend mit den aufgezeichneten Linien sichtbar.

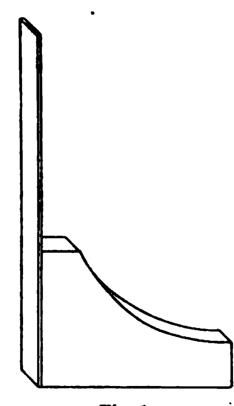


Fig. 1.

Zur Einführung in die Brechungserscheinungen dient folgende Abänderung des Keplerschen Versuchs mit dem Glaswürfel. Ein schmaler rechteckiger Glaskasten von 20 cm : 16 cm : 5 cm ist mit einem lose aufliegenden Zinkblech bedeckt, durch das ein kurzes, schwach geneigt angelötetes Messingröhrchen und eine bis auf den Boden herabzusenkende Glasröhre führen. Die Strahlen des Heliostaten werden durch einen passend aufgestellten, drehbaren Spiegel schräg abwärts gegen die Seitenwand des Gefäßes geleitet und dieses erst mit Tabaksrauch, dann mit Wasser (mittels einer Hebervorrichtung) gefüllt. Um den Strahlengang umzukehren, stellt man einen Winkelspiegel mit senkrecht zueinander stehenden Flächen am Boden des Gefäßes so in den Weg des gebrochenen Strahls, daß dieser nach zweimaliger Reflexion an den Spiegeln parallel seiner Einfallsrichtung zurückkehrt und auch nach dem Übertritt in die Luft dem einfallenden Strahlenband parallel erscheint.

Um den Strahlenkegel des doppelten Grenzwinkels im Wasser zu demonstrieren, wird ein Kasten (20 cm : 19 cm : 9 cm) benutzt, dessen Boden und eine große Seitenwand aus Zinkblech, die andere aus Glasplatten besteht. In die Mitte der Zinkwand ist ein quadratisches Fenster von 3,5 cm Seitenlänge eingesetzt, und gegen dieses schräg (mittels einer Blechrinne und eines federnden Blechstreifens) eine Milchglasplatte (3 cm : 2,5 cm) angelegt. Vereinigt man durch eine Sammellinse von einer starken Lichtquelle möglichst viel Strahlen auf einer möglichst kleinen Fläche in der Mitte des Milchglases, so zerstreut dieses die Strahlen und liefert so einen „leuchtenden Punkt“, der Licht nach allen Seiten ausstrahlt. Wird der Kasten mit Wasser gefüllt, so erkennt man, daß der ins Wasser eintretende Kegel einen Öffnungswinkel von etwas über 90° hat. Um den Querschnitt des Lichtkegels zur Anschauung zu bringen, kann man einen Leinenschirm von 18 cm im Quadrat, der an einen Messingdraht angenäht ist, quer in den Kasten hineinhängen und

[1]) Beiträge zur experimentellen Behandlung der elementaren Optik. Wissensch. Beilage zum Jahresbericht der Realschule zu Steglitz, 1902. Pr.-No. 144. 32 S.

ihn langsam in Richtung der Kegelachse hin- und herbewegen. Bringt man zwischen die Milchglasplatte und die Gefäßwand etwas Wasser, sodaß der „leuchtende Punkt" nicht mehr durch Luft vom Wasser getrennt wird, so steigt der Öffnungswinkel des ins Wasser eintretenden Kegels auf 180°. Dies wird besonders deutlich, wenn man das Wasser an der Milchglasplatte durch Blasen mit einem Messingröhrchen wieder entfernt.

Auch zur Einführung in die Lehre von den Linsen leistet das vorher schon bei den Kugelspiegeln benutzte Prinzip gute Dienste. Durch eine Reihe von Prismen in angemessener Aufstellung läßt sich die Wirkung einer Bikonvexlinse erläutern. Die Form eines solchen Prismas (Fig. 2) wird aus dünnem Messingblech hergestellt. Man zeichnet dazu auf das Blech die Grundfläche *a* als ein gleichschenkliges Trapez, dessen gleiche Seiten dem brechenden Winkel des Prismas gemäß geneigt sind, und entwirft über den parallelen Seiten jederseits ein Rechteck *b*, dessen Höhe gleich der gewünschten Prismenhöhe ist. An den Seiten der so entstandenen Figur werden schmale Blechstreifen *c* nach Art der Kleblaschen, wie man sie auf Modellierbogen findet, dazu gegeben. In die Mitte des Trapezes wird ein Loch gebohrt, sodaß eine oben verschlossene Messingröhre, die später das Prisma tragen soll, gerade hineinpaßt. Nachdem dann die ganze Form ausgeschnitten ist und die Laschen in dem richtigen Winkel zur Fläche umgebogen sind, werden die beiden Rechtecke emporgekantet und oben durch die quer über die Seitenlaschen gelöteten Blechstreifen *d* so verbunden, daß sie einander parallel und senkrecht zur Grundfläche stehen. Nun wird in derselben Richtung die Tragstange von unten her gut eingelötet. Alsdann brauchen nur noch dünne Spiegelglasscheiben in die beiden entstandenen Fensteröffnungen eingekittet zu werden, und das Prisma ist fertig. Um den für bequemes Kitten wünschenswerten Gegendruck von innen zu haben, schiebt man eine der Messingblechform des Prismas gleichgestaltete kleinere Blechform *e* so hinein, daß sie sich an den breiten Flächen des Primas etwas klemmt, und lötet dann das innere Blech am oberen Rande mit dem äußeren zusammen. Zuvor probiert man aber aus, daß die Gläser *f* sich in die zwischen den Laschen entstandene Führung gut einschieben lassen. Die Kittung der Scheiben erfolgt mit Mennigekitt. Als Fußbrett *g* wird dem Prisma ein flaches rechteckiges Stück Holz gegeben. Auf diese Weise gewinnt man haltbare Flüssigkeitsprismen, die sich vor allem auch bequem reinigen lassen. Prismen von 5 cm Höhe und 4 cm Abstand zwischen den parallelen Seitenwänden dürften wohl ausreichend groß sein. Die Tragröhre ist 8 cm lang, die Fußbrettchen messen 75 mm : 50 mm : 18 mm.

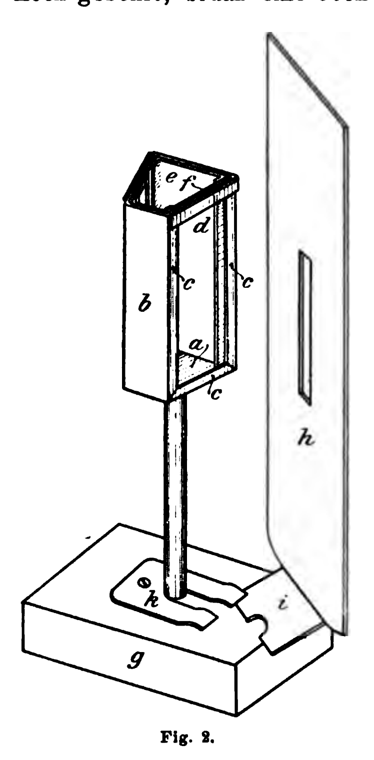


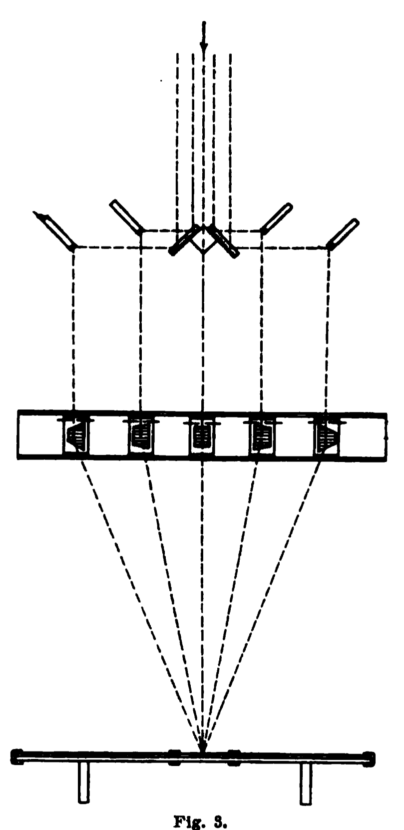
Fig. 2.

Zur experimentellen Vorbereitung des Verständnisses für die Linsenwirkung werden fünf solcher Prismen mit den brechenden Winkeln 60°, 30°, 0°, 30° und 60° benutzt. Sie stehen so in den Brettchen, daß sie ihre brechende Kante nach der einen Längsseite des Brettchens kehren. Für die Aufstellung der Prismen in einer Reihe dient eine flache Rinne aus Holz (Fig. 3) von 70 cm Länge und 7,5 cm Breite, in die die Brettchen gerade hineinpassen und in der sie sich bequem nach beiden Seiten verschieben lassen. Als Blendenbleche werden zunächst rechteckige Zinkbleche *h* von 15 cm : 6,5 cm benutzt, die in der Prismenhöhe einen Spalt von 5 mm Breite besitzen. Ihre Aufstellung ist aus der Figur ersichtlich. Das unten rechtwinklig abgebogene Blechstück *i* wird so unter die U-förmige gegen das Holz drückende Blechfeder *k* geschoben, daß sein halbkreisförmiger Ausschnitt die Tragröhre des Prismas umgreift. Hierdurch wird eine bequeme Drehung des Blendenbleches ermöglicht, die den Schlitz etwas zur Seite zu schieben gestattet.

Stehen die Prismen in der Rinne alle mit den brechenden Kanten nach außen, so läßt sich innerhalb der Symmetrieebene eine Kerzenflamme bei passendem Abstand in Spalthöhe so aufstellen, daß die durch die fünf Spalte hindurchgehenden Lichtbänder nach der Brechung konvergieren. Man bringt nun einen weißen Kartonschirm von 80 cm Höhe und 70 cm Breite hinter die Prismenreihe, sodaß er parallel zur Rinne steht, und kann dann leicht die fünf Spaltbilder auf einer Stelle vereinigen, indem man die Prismen je nachdem auseinander- oder zusammenschiebt. Da die Blendenbleche das Licht nicht immer ausreichend abschatten, ihre Verbreiterung aber nicht zulässig ist, weil sie sich sonst für enge Stellungen der Prismen gegenseitig im Wege sind, so benutzt man zum weiteren Abschatten zweckmäßig einzelne an Holzklötzen senkrecht aufgestellte Blechplatten, die man auf dem Tisch in passenden Abständen anordnet.

Ist die Einstellung vollzogen, so kann man auch die Kerze an die Stelle der Spaltbilder und den Schirm an die der Kerze stellen, und man wird wieder alle Spaltbilder vereinigt haben. Man kann ferner den Schirm in der Richtung der Symmetrielinie verschieben und so den Strahlengang selbst zur Anschauung bringen. Ferner kann man durch Näherung oder Entfernung der Kerze eine Änderung der Konvergenz herstellen und auch die Fälle der parallel und divergent austretenden Strahlen vorführen.

Will man paralleles Licht auf das System auffallen lassen, um die Vereinigung paralleler Strahlen im Linsenbrennpunkt nachzuahmen, so wirft man Sonnenlicht auf zwei Spiegel, die an einen quaderförmigen Ankerbaustein von 100 mm : 25 mm : 25 mm geklebt sind, also einen Winkel von 90° bilden, aber (Fig. 3) zwischen sich einen Spalt lassen, durch den das Sonnenlicht unmittelbar auf den Spalt des mittleren 0°-Prismas fallen kann. Nun hat man nur noch nötig, die Sonnenstrahlen wieder durch schmale, den vorigen Spiegeln parallel gestellte Spiegel auf die seitlichen Prismen zu werfen und durch Parallelverschiebung der Prismen und der ihnen zugehörigen Spiegel die Spaltbilder auf einer und derselben Stelle des Schirmes zu sammeln.


Fig. 3.

Auch als Luftprismen in Wasser bewähren die Prismen sich gut. Man kann sie bequem von oben her in den früher (d. Zeitschr. *XV*, *66*) beschriebenen Wasserkasten hängen und zeigen, daß die Brechung des einfallenden Strahles nunmehr der brechenden Kante zu, also nach der entgegengesetzten Seite erfolgt, wie beim Wasserprisma in Luft. Dieser Versuch gibt unmittelbar das Verständnis für die sammelnde Wirkung einer bikonkaven und die zerstreuende einer bikonvexen Luftlinse im dichteren Mittel.

Wegen weiterer Einzelheiten verweisen wir auf die Abhandlung. Diese enthält ferner noch eine Darstellung des Sinusgesetzes für zylindrisch gekrümmte Flächen, die Demonstration der Brechung an kugeligen Grenzflächen und einfache Versuche zur Erläuterung der Eigenschaften des Auges. *P.*

Künstliche Darstellung einer totalen Sonnenfinsternis. R. W. Wood gibt dafür in der *Nature 63, 250; 1901* folgende Anleitung: Man füllt einen rechteckigen Glastrog, dessen Vorderseite 30 cm im Geviert und dessen Breite 14—15 cm beträgt (irgend ein Aquariumbehälter tut es auch) fast ganz mit reinem Wasser und setzt einen oder zwei Löffel einer Auflösung von Mastix in Alkohol hinzu, die dem Wasser ein milchiges Aussehen verleiht. In die Flüssigkeit taucht man eine sechskerzige Glühlampe. Die Zuleitungsdrähte führt

man durch ein kurzes Glasrohr und befestigt die Lampe mit Siegellack wasserdicht an dem unteren Ende (Fig. 1). Auf die Wand der Lampe klebt man mit Schellack fünf oder sechs Stanniolstreifen von $1/2$ bis 1 mm Breite, die frei bleibenden Zwischenstreifen sollen ungefähr ebenso breit sein. Die Stanniolbänder ordnet man in zwei einander gegenüberliegenden Gruppen an. Die Anzahl, Breite und Verteilung der Streifen, die eine möglichst naturgetreue Wirkung hervorbringen, bestimmt man leicht durch Versuche. An der Spitze der Lampe befestigt man mit Siegellack oder irgend einem weichen wasserfesten Kitt eine kreisförmige Metallscheibe, die ein wenig größer ist als die Lampe. Sie schneidet das direkte Lampenlicht ab und stellt die schwarze Mondscheibe dar. Man taucht das Ganze so in den Wassertrog, daß die Lampe wagerecht liegt und die Metallscheibe der Vorderseite zugekehrt ist (Fig. 2). Es empfiehlt sich, einen Widerstand in den Stromkreis der Lampe einzuschalten, um die Stärke der Beleuchtung ändern zu können. Sobald der Strom eingeschaltet ist, sieht man eine sehr schöne Corona, die von der Zerstreuung des Lampenlichtes durch die im Wasser schwebenden Mastixteilchen herrührt. Betrachtet man die Erscheinung durch ein Nicolsches Prisma, so findet man, daß das Licht radial polarisiert ist. Es erscheinen auf jeder Seite der Lampe zwei dunkle Flächen, die sich mit dem Nicol drehen. Um die Erscheinung noch naturgetreuer zu machen, setzt man zu dem Wasser noch eine Lösung einer bläulich-grünen Anilinfarbe (Wood benutzte Malachitgrün) hinzu. *H.-M.*

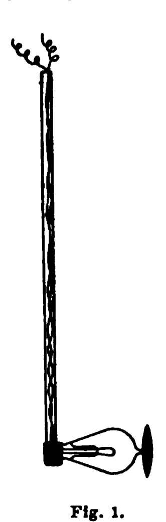


Fig. 1.

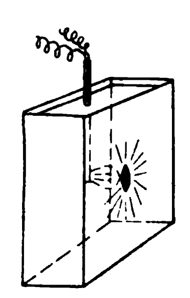
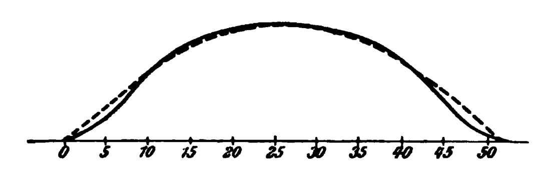


Fig. 2.

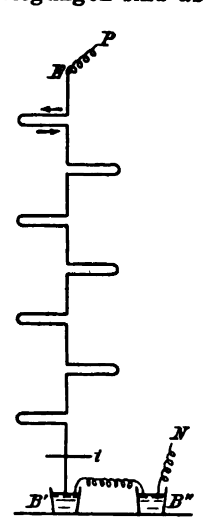
Die Schallschwingungen in der Luft weist Boys durch folgenden einfachen Versuch nach: Er zündet in der Nähe einer offenen Pfeife einen Bunsenbrenner an. Beim Tönen der letzteren werden die Schwingungen der Staubteilchen in der Flamme sichtbar. *Nature 63, 26; 1900.* *H.-M.*

Ein Miniatur-Anemometer für stehende Schallwellen. Von Bergen Davis (*American Journal of Science XIII 129; 1902*). Das zur Messung von Windgeschwindigkeiten benutzte Anemometer besitzt die Eigenschaft, sich stets in derselben Richtung zu drehen, von welcher Seite auch der Wind kommen mag. Alternierende Luftströme, wie sie innerhalb einer Pfeife eintreten, werden daher auf ein Anemometer ebenso einwirken wie ein kontinuierlicher Luftstrom, vorausgesetzt, daß sie von genügender Stärke und die Schalen des Anemometers klein genug sind. Der Verf. benutzte eine gedeckte Orgelpfeife von 68 cm Länge, die ihren ersten Oberton angab. 16 cm von dem Mundstück entfernt befand sich der erste Knoten; hier wurde ein Diaphragma befestigt. Ein zweiter Knoten war am geschlossenen Ende der Röhre, die Länge einer halben stehenden Welle betrug daher 52 cm. Die eine Seitenwand der Pfeife zwischen Diaphragma und geschlossenem Ende wurde entfernt und durch eine Glaseinlage ersetzt, sodaß man hineinsehen konnte. Im Innern befand sich ferner eine Zentimeterskala mit dem Nullpunkt am geschlossenen Ende. Die Schalen des Anemometers wurden aus Gelatinekapseln, wie man sie für medizinische Zwecke braucht, angefertigt und an den Enden von 4 Papierarmen befestigt, die durch Vermittlung eines Glaszapfens auf der Spitze einer feinen Nadel schwebten. Es wurden drei solche Anemometer von verschiedener Schalengröße (0,75 cm, 0,58 cm, 0,45 cm Durchmesser) hergestellt. Zur Messung der Umdrehungen diente eine stroboskopische Scheibe; zur Herstellung eines gleichmäßigen Drucks für den Anblasestrom wurde ein Quecksilbermanometer benutzt. Die vorstehende Figur stellt den mit dem einen der drei Manometer erhaltenen Gang der Luftbewegung innerhalb der stehen-



den Welle dar; die Abszissen geben die Distanzen in der Röhre, die Ordinaten die Umdrehungsgeschwindigkeiten des Anemometers pro Sekunde. Die punktierte Linie ist eine Sinuskurve. Man sieht, daß diese in der Mitte des Bauches gut mit der beobachteten Kurve übereinstimmt, während beide in der Nähe der Knoten von einander abweichen. Es geht daraus hervor, daß die Umdrehungsgeschwindigkeit der Wellenamplitude proportional ist, wenn diese genügend groß ist. Die Depression der Kurve in der Nähe der Knoten zeigt, daß das Anemometer nicht so stark beeinflußt wird, wenn die Amplitude im Vergleich mit den Schalenradien klein ist. — Indem der Verf. aus der Lineargeschwindigkeit der Schalen einen Wert für die Maximalgeschwindigkeit der Luft in der Röhre ableitet, berechnet er hieraus und aus der bekannten Schwingungszahl die Amplitude der Luftwelle zu 2,99 mm. *Schk.*

Demonstration der Wirkung von Elementen desselben Stromes aufeinander. Von A. Garbasso. *Nuovo Cim. Ser. 5, Lugl. 1901.* Durch den bekannten Versuch mit Rogets Spirale wird gezeigt, daß parallele Elemente desselben Leiters, die vom Strom in paralleler Richtung durchlaufen werden, einander anziehen. Durch eine kleine Abänderung des Versuches kann man zeigen, daß parallele Stromelemente sich abstoßen, wenn der Strom in ihnen entgegengesetzt fließt. Zu dem Zwecke wird ein Kupferdraht von etwa $2\frac{1}{2}$ m Länge und 0,5 mm Dicke so gebogen, wie die Figur zeigt. Die henkelförmigen Ausbiegungen sind abwechselnd auf der rechten und linken Seite angebracht, sodaß das ganze System, an einem Ende aufgehängt, in vertikaler Stellung bleibt. Die Länge einer Ausbiegung betrug 10 cm, der Abstand zweier aufeinander folgender Ausbiegungen war ebenfalls 10 cm. Das feste (obere) Ende E wird mit dem positiven Pol P einer Akkumulatorenbatterie verbunden, das andere taucht in ein Gefäß B' mit Schwefelsäure, das durch einen Unterbrecher B'' mit dem negativen Pol der Batterie in Verbindung steht. Im Moment des Stromschlusses verlängert sich die Spirale, und wenn der Strom nur ganz kurze Zeit geschlossen bleibt, so verschwindet die Verlängerung im Augenblick des Öffnens, kann also nicht der Jouleschen Wärme zugeschrieben werden. Die Pole sind in der angegebenen Weise angeordnet, damit keine Gasentwicklung am unteren Ende der Spirale auftritt; Schwefelsäure ist gewählt, weil Quecksilber der Bewegung einen zu großen Widerstand entgegensetzen würde. Der zweite Unterbrecher ist unumgänglich, weil sonst beim Stromschluß Bewegungen in der Schwefelsäure auftreten würden. Die Verlängerung war bei einem Strom von 15 Ampère schon ganz merklich. Für die Demonstration im Unterricht empfiehlt es sich, einen Zeiger i amunteren Ende anzubringen und dies Ende zu projizieren. *P.*



2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Zur Ausbreitung des Schalles in der Luft. (Erfahrungen bei Nebelsignalen.) Für den physikalischen Unterricht dürfte es von Interesse sein, gelegentlich die bei Schallsignalen auf Nebelsignalstationen der Küsten gemachten Erfahrungen heranzuziehen. Deshalb möge hier einiges darüber im Anschluß an die im vorigen Jahre zu St. Catherines Point auf der Insel Wight angestellten Versuche und an frühere Berichte mitgeteilt werden[1]).

Als Schallquellen sind benutzt worden Gongs, Glocken, Kanonen, Pfeifen, Zungenhörner und Sirenen. Die Gongs, mit denen man früher Leuchtschiffe ausrüstete, haben sich bald als unbrauchbar erwiesen, weil ihr Schall nicht durchdringend genug war. Aber auch Glocken von 3 bis 4 Ctr. Gewicht sind als zu schwache Schallquellen zu verwerfen. Kräftiger wirken Kanonenschläge, die man durch Explosion von 3 Pfund Pulver erzielt. In

[1]) Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie 1902, 355 ff.; 1892, 125 ff.; 1893, 251 ff.; 1895, 187 ff.

neuerer Zeit hat man mit Erfolg an ihre Stelle die Explosion von 120 g Schießbaumwolle gesetzt, deren Knall noch schärfer und durchdringender ist. Die Ladung wird entweder an einer langen Spiere befestigt und auf elektrischem Wege vom Leuchtturm aus entzündet, oder man läßt sie durch eine Rakete auf etwa 180 m Höhe hinaufbefördern und dort abbrennen. Trotz des Übelstandes, daß der Knall nur von kurzer Dauer ist und deshalb leichter überhört werden kann, wird man auf das Explosionssignal dort nicht gern verzichten, wo kein Platz für maschinelle Anlagen ist, ohne die lang andauernde Töne nicht erzeugt werden können.

Von diesen erfordern die Dampf- und Luftpfeifen einen hohen Druck und sind als verschwenderische Apparate zu bezeichnen. Die Zungenhörner arbeiten mit aufschlagenden Zungen. Konstruktionen, bei denen mehrere gleichgestimmte Zungen ihren Ton in denselben Schalltrichter gaben, sind weniger wirksam als solche mit nur einer Zunge. Der Ton ist aber bisher noch immer zu schwach befunden, als daß er über kleinere Hörweiten hinaus in Frage kommen könnte. Die ersten Sirenen bestanden aus zwei flachen Scheiben mit an Zahl und Gestalt gleichen Schlitzen. Der günstigeren mechanischen Anordnung und des leichteren Antriebes wegen hat man dann diese Konstruktion verlassen und Zylindersirenen gebaut. Indessen hat sich bei den letzten englischen Versuchen eine neue Form der Scheibensirene von 18 cm Durchmesser vortrefflich bewährt. Bei den Zylindersirenen tritt Luft oder Dampf durch die Längsschlitze eines Zylinders von außen nach innen ein und dreht hier einen inneren Zylinder mit entsprechenden Schlitzen um. Bei der Sirene von St. Catherines Point hat der Zylinder einen Durchmesser von 13 cm und trägt 24 Schlitze, sodaß bei 240 Umdrehungen in der Minute der Ton 96 Schwingungen in der Sekunde hat. Da die Sirene beim automatischen Anblasen erst allmählich ihre Drehungsgeschwindigkeit erlangt, so wird die Dauer des Signaltones dadurch verkürzt und seine Wirkung geschwächt. Daher ist es erwünscht, die Drehung durch einen besonderen Motor zu bewirken und erst bei voller Geschwindigkeit der Druckluft Zutritt zu gewähren.

Die bisher benutzten Schalltrichter sind wohl kaum auf Grund genauerer theoretischer Überlegungen ausgeführt. Sie zeigen in Länge und Form große Verschiedenheiten, sind aber stets konisch und von kreisförmigem Querschnitt. Die vorjährigen Versuche haben zunächst ergeben, daß nur dann die besten Wirkungen in Stärke und Gleichförmigkeit erzielt werden, wenn der Eigenton des Schalltrichters mit dem Ton des Apparates übereinstimmt. Ferner gaben sie Lord Rayleigh Recht, der eine elliptische Querschnittsform vorgeschlagen hatte; derart, daß der horizontale Durchmesser der Mündung nicht größer sein sollte, als die halbe Wellenlänge des Signaltones, während der senkrechte Durchmesser das Doppelte dieser Wellenlänge und mehr haben sollte. Der Gegenstand wird von Lord Rayleigh auf Wunsch der „*Trinity House Corporation*“, der höchsten Autorität in Leuchtturmsangelegenheiten für England, weiter verfolgt.

Die Hörweite ist in der Achse des Schalltrichters am größten und fällt nach der Seite mehr und mehr ab. Um den Schall über einen größeren Bogen des Horizontes (220° bei den Versuchen) auszubreiten, hat es sich zweckmäßig erwiesen, daß man zwei Trichter, deren Achsen einen Winkel von 120° einschlossen, nebeneinander aufstellte und ihre Sirenen gleichzeitig erklingen ließ. Soll noch mehr vom Horizont bestrichen werden, wie bei Feuerschiffen, wo die Warnungssignale nach allen Seiten gegeben werden sollen. so ist ein Schalltrichter mit sogenanntem Pilzhut zu verwenden. Bei diesem steht ein umgekehrter Kegel mitten über der Öffnung eines senkrechten kegelförmigen Schalltrichters so, daß er den Schall möglichst horizontal nach allen Seiten reflektiert. Die Richtung auf den Horizont zu ist nämlich günstiger, als wenn der Schall in einem Winkel abwärts auf die See geworfen wird.

Auch die Einwirkung der Tonhöhe auf die Hörbarkeit ist besonders untersucht worden, weil man zur Unterscheidung der Stationen an den britischen Küsten Kombinationen von bis zu vier Tönen verschiedener Höhe in einem Signal angewandt hatte und Klagen einliefen, daß aus einem solchen Signal die Töne ungleich stark und zum Teil gar nicht gehört waren. In der Tat ergaben die Versuche, daß bei ruhigem Wetter die tiefen, bei Gegenwind und bei bewegter, geräuschvoller See die hochgestimmten Töne weiter zu hören

sind. Wie stark überhaupt die Geräusche bei starken Winden die Hörbarkeit bestimmter Signale beeinträchtigen, geht anschaulich aus einer Beobachtung Mohns hervor, die er beim Studium von Schallsignalen am Eingange des Christianiafjordes gemacht hat. Hier übertönte bei „ziemlich frischem Winde“ das Sausen in den Grashalmen auf freiem Felde das Signal, welches im Schutz des nahen Turmes in mittlerer Stärke gehört wurde. Daher sollte denn auch das Schiff stets gestoppt werden, wenn man auf ein Nebelsignal hören will.

Physikalisch am interessantesten ist, was sich über die Wirkung der atmosphärischen Zustände auf die Ausbreitung des Schalles bei Schallsignalen ergeben hat. Zunächst sei auf das Seeecho hingewiesen, das folgendermaßen beschrieben wird, ohne daß es bisher ausreichend erklärt werden konnte. „Von einem Standorte auf der Klippe in kurzer Entfernung von der Signalstation wurde beobachtet, daß bei schönem klaren Wetter das Blasen der Sirenen oder der Zungenhörner fast sofort durch widerhallende Töne ergänzt wurde. Diese Töne verstärkten den direkten Schall, so lange er anhielt, und verlängerten den Schall für einige Zeit, nachdem das Blasen der Apparate aufgehört hatte. Dieses Echo schien von einem Punkte in der Verlängerung der Trompetenachse auszugehen und mit großer Geschwindigkeit über die weite See sich zu verbreiten, als ob eine zerstreute Schar Trompeter in schneller Aufeinanderfolge von allen Teilen des Horizontes bliesen. Durch sorgfältige Zeitbestimmungen wurde festgestellt, daß der Widerhall häufig dreißig Sekunden dauerte. Dieser überraschende Effekt wurde beobachtet, wenn der Himmel wolkenlos und die See glatt und ruhig, sowie kein Schiff in Sicht war. Offenbar waren es Luftechos, möglicherweise verursacht durch Reflexion der Schallwellen zwischen Schichten von verschiedener Dichtigkeit oder akustischen Wolken. Prof. Tyndall hat gemeint, daß die Dauer des Widerhalles ein Maß für die Tiefe der Atmosphäre, aus der er kommt, abgebe. Wenn dies so wäre, so könnte die Länge und Stärke des Widerhalles ein rohes Anzeichen für die durchdringende Kraft der Apparate sein, ohne daß man Beobachtungen auf See machte.“

Die Einwirkung des Windes auf die Hörweite geschieht in der Regel ganz im Sinne der landläufigen Auffassung. Die Hörweite ist gegen den Wind am kleinsten, mit dem Wind am größten und hat quer zum Winde mittlere Werte. Je größer die Windstärke, desto kleiner das Verhältnis der Hörweiten in Luv und in Lee. Bisweilen kehrt sich das Verhältnis aber um, sodaß man windgegen weiter hört als leewärts. In solchen Fällen ist ein oberer Wind von entgegengesetzter Richtung zum unteren gelegentlich beobachtet worden.

Für Nebel dagegen ist im Widerspruch zur gemeinen Meinung ein Unterschied gegen klare Luft bisher nicht festzustellen gewesen. Für Schnee ist die Hörweite kleiner. Vor allem aber ist immer wieder — bei klarer Luft ebenso wie bei Nebel und Schnee — eine auffallende Ungleichheit der Hörweite zu verschiedenen Zeiten beobachtet worden, ohne daß sich eine erklärende Besonderheit der atmosphärischen Zustände der unmittelbaren Beobachtung aufdrängte. Bei den Versuchen zu St. Catherines Point z. B. wurde einmal festgestellt: Tonstärke in 1 Sm. Entfernung stark; dann abnehmend; zwischen 2 und 3 Sm. kaum hörbar oder unhörbar; wenig über 3 Sm. wieder vorhanden; weiterhin laut und deutlich hörbares Signal bis zu beträchtlicher Entfernung. — So haben Versuche immer wieder bestätigt, was oft zu Klagen Anlaß gegeben hat, und worauf manche Unfälle zurückgeführt werden konnten, daß die Hörweite außerordentlich wechselnd ist. Man kann gelegentlich, wenn das Schiff gerade auf die Schallquelle zufährt, kurz hintereinander Hörbarkeit und Verschwinden des Signales in mehrfachem Wechsel feststellen. Woher solche Unregelmäßigkeiten? Wie ist zu erklären, daß der Schall bisweilen bei ganz ruhigem Wetter ausbleibt in Entfernungen, wo er sonst deutlich gehört wird?

Tyndall hat seinerzeit im Anschluß an Versuche, die Mitte der siebenziger Jahre von der Trinity House Corporation ausgeführt wurden, die Theorie der akustischen Wolken aufgestellt. Vertikal gestellte Luftschichten von verschiedener Temperatur oder Dunstsättigung sollten die Schallwellen wiederholt reflektieren und brechen und so ihre Kraft mehr und mehr schwächen. Mohn hat dann 1892 im Anschluß an Versuche im Christianiafjord eine genauere theoretische Behandlung des Problems geliefert.

Er ging, wie Tyndall, von der Tatsache aus, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in wärmerer Luft größer ist als in kälterer, und daß sie von einem größeren absoluten Gehalt der Luft an Wasserdampf in demselben Sinne beeinflußt wird, wie von größerer Erwärmung. Schallstrahlen, die aus einer kälteren, wasserdampfärmeren Schicht in eine wärmere, wasserdampfreichere eintreten, werden wie Lichtstrahlen, die aus dem dichteren ins dünnere Mittel kommen, vom Einfallslot abgebrochen; und ebenso wie bei diesen muß totale Reflexion eintreten, wenn der Einfallswinkel dabei eine bestimmte Größe überschreitet. Da nun der absolute Gehalt an Wasserdampf fast immer nach oben zu abnimmt, die Temperatur unter den gewöhnlichen Verhältnissen ebenfalls, so hielt Mohn eine horizontale Anordnung der verschiedenen Luftschichten für geeignet, die Erscheinung zu erklären.

In oberen Schichten langsamer, in unteren schneller, zeigt die Fortpflanzung des Schalles in der Regel ein umgekehrtes Verhalten, wie für gewöhnlich das Licht. Die Schallstrahlen, die von einer hoch gelegenen Schallquelle nach der Erdoberfläche zu ausgeh en werden daher, umgekehrt wie Lichtstrahlen, in Kurven laufen, die ihre konvexe Seite nach unten kehren. In einem gewissen Abstand wird für einen Strahl von bestimmter Ausgangsrichtung unmittelbar über der Erdoberfläche totale Reflexion eintreten; der wieder aufsteigende Teil seines Weges wird den Raum, innerhalb dessen der Schall gehört wird, von dem dahinter liegenden Raum über der Erdoberfläche abgrenzen, der gewissermaßen im Schallschatten liegen bleibt. Alle noch schräger abgehenden Strahlen werden dann schon gar nicht mehr bis auf die Erdoberfläche hinunterdringen können, sondern bereits vorher reflektiert werden. Damit ist eine Grenze der Hörbarkeit auf der Erdoberfläche gegeben; damit ist auch klar, daß die Hörweite um so kleiner sein wird, je schneller Temperatur und Dunstdruck mit der Höhe abnehmen, und daß diese Grenze für ein höher über der Erdoberfläche gelegenes Ohr in weiterem Abstande von der Schallquelle liegen wird. Ein Mittel aus 17 Beobachtungen ergab, daß die Signalstärken, die gleichzeitig von Deck aus und von der Sahling (in Masthöhe) beobachtet wurden, sich wie 1,8 zu 2,4 verhielten; und zweimal wurde bei Mohns Versuchen auf Deck nichts mehr gehört, wo von der Sahling das Signal noch gut wahrgenommen wurde.

Bei dieser Theorie ist auch sofort begreiflich, daß die Hörweite sich oft in kurzer Zeit beträchtlich ändern wird. Denn die meteorologischen Elemente, von denen sie abhängt, können innerhalb der kleinen Beträge, um die es sich hier handelt, sehr wohl in kurzer Zeit bald nach der einen, bald nach der anderen Seite wechseln. Die Hörbarkeitsgrenze kann daher kurz hintereinander über einen und denselben Ort hinweg sich nach der Schallquelle hin und von ihr fort verschieben und so den Ort innerhalb und außerhalb der Hörweite verlegen.

Nehmen wir nun den Fall der Temperaturumkehr an, wo die Temperatur mit der Höhe zunimmt, so werden die Schallwellen in den oberen Schichten schneller laufen als in den unteren, und die Schallstrahlen werden bei ihrem Wege von einer hoch gelegenen Schallquelle zur Erdoberfläche Kurven beschreiben, die der Erdoberfläche ihre Hohlseite zukehren. In diesem Falle wird die Hörbarkeitsgrenze erst da eintreten können, wo die immer weitere Ausbreitung den Schall schließlich so weit abgeschwächt hat, daß er nicht mehr gehört wird. Über dem freien Meere wird die Temperaturumkehr wohl kaum öfters vorkommen. Wohl aber kann die intensive Ausstrahlung des Landes in der Nähe der Küste häufiger diesen Zustand der Atmosphäre schaffen, namentlich des Nachts. Man dürfte daher eine tägliche Periode der Hörbarkeit des Schalles von entfernten Schallquellen mit größter Hörbarkeit bei Nacht erwarten, was wohl im Einklang mit der Erfahrung stehen wird. Spuren einer solchen Periode sind vielleicht bei Nebelsignalbeobachtungen der Corvette Nornen im Christianiafjord beobachtet, wo die Hörweite während der Dauer der Versuche von kurz nach Mittag bis gegen 6 Uhr abends zunahm.

Bisher war nur von ruhiger Luft die Rede. Die Bedeutung des Windes für die Hörweite ist viel auffallender als die der bisher erwähnten Faktoren; sie allein ist daher aus der allgemeinen Erfahrung heraus schon richtig eingeschätzt worden. Da die Windge-

schwindigkeit wegen der Reibung an der Erdoberfläche mit der Höhe zunimmt, so wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles, wenn wir diese einmal allein durch den Wind beeinflußt sein lassen, auf der Luvseite der Schallquelle mit der Höhe abnehmen, dagegen auf der Leeseite in der Höhe größer werden. Die Schallstrahlen auf der dem Winde zugekehrten Seite werden also nach oben gekrümmt sein; hier wird ein Schallschatten entstehen müssen, und zwar wird die Hörweite um so kleiner sein, je schneller die Windgeschwindigkeit mit der Höhe zunimmt. In der Richtung mit dem Winde werden dagegen die Schallstrahlen umgekehrt die Hohlseite ihrer Krümmung der Erdoberfläche zukehren. Die Hörweite ist hier, wie vorhin bei der Temperaturumkehr, theoretisch unbegrenzt. In den dazwischen liegenden Richtungen wird die Wirkung des Windes, die Schallstrahlen gewissermaßen emporzubiegen, von Luv zu Dwars sich allmählich zu Null abschwächen, und von Dwars zu Lee wird die umgekehrte Wirkung der Abwärtskrümmung von Null bis zu der jeweiligen größten Stärke anwachsen.

Man kann gegen die schallhemmende Wirkung des Windes — und dasselbe gilt natürlich von der durch Temperatur und Dunstdruck gesteckten Hörbarkeitsgrenze — nicht etwa durch eine Verstärkung des schallgebenden Apparates ankämpfen. Liegt bei den betreffenden atmosphärischen Zuständen die Hörbarkeitsgrenze so, daß ein Ort von dem Schall nicht mehr getroffen wird, so mag man die Schallquelle verstärken, soviel man will, der Schall wird stets in gekrümmter Bahn aufwärts über den Ort fortschreiten. Würde man dagegen über dem Ort senkrecht aufsteigen, so würde man früher oder später in den Hörbarkeitsbereich kommen. Man könnte den Ort auch dadurch in die Hörweite bringen, daß man die Schallquelle selbst höher hinauf verlegt. Allerdings wächst die Hörweite nur mit der Quadratwurzel aus der Höhe der Schallquelle.

In Wirklichkeit werden natürlich die geschilderten Einflüsse der Ab- und Zunahme von Temperatur, Dunstdruck und Windgeschwindigkeit mit der Höhe gleichzeitig auf die Gestaltung des Schallfeldes einwirken. Dabei ist der Einfluß des Dunstdruckes verhältnismäßig am kleinsten. Eine große Mannigfaltigkeit der Erscheinungen muß die Folge aus diesem Zusammenspiel der Kräfte sein. Den einzelnen Fall in völlig erschöpfender Weise zu behandeln, dürfte nicht leicht möglich sein. Indessen, soweit es durchführbar war, hat Mohn seine Theorie mit der Beobachtung verglichen und auch in zahlenmäßiger Übereinstimmung gefunden.

Auf die mathematische Behandlung des Problems kann hier nicht eingegangen werden. Doch mögen einige der Ergebnisse in der Anschaulichkeit der Mohnschen Zeichnungen wiedergegeben werden, siehe Fig. 1 (a. f. S.). In den Kreisen der einzelnen Teilfiguren ist je ein Flächenstück von 4 Seemeilen Radius abgebildet, über dessen Mitte die Schallquelle in 10 m Höhe zu denken ist. Das den Schall aufnehmende Ohr ist in 5 m Höhe angenommen. Das schraffierte Flächenstück bezeichnet die schallfreie Zone auf der Erdoberfläche, den sogen. Schallschatten. Neben die Kreise sind jedesmal die meteorologischen Daten eingeschrieben; Fig. XV bietet den Schlüssel dazu. Links steht die Zunahme der Windgeschwindigkeit für 100 m als $100\,\varDelta w$ in Metern, rechts die Abnahme der Temperatur und des Dunstdruckes für 100 m als $100\,\varDelta t$ in Celsiusgraden und $100\,\varDelta e$ in Millimetern Quecksilber. Der Wind ist für alle Figuren als Ostwind vorausgesetzt. Die Einheit des Maßstabes ist die Seemeile.

Die Figuren I bis VIII zeigen die Wirkung der verschiedenen Zunahme der Windgeschwindigkeit; die ersten fünf für den Fall, daß Temperatur und Dunstdruck mit der Höhe abnehmen, VI bis VIII für den, daß sie konstant sind. Im ersten Fall geht die Windwirkung dahin, daß sie den rings geschlossenen Hörbereich nach der Leeseite verlängert und schließlich über einen immer größeren Winkelausschnitt des Horizontes hin öffnet; im zweiten Fall schafft der Wind erst ein Schallschattengebiet auf der Luvseite und rückt dessen Grenze bei größerer Windgeschwindigkeitszunahme der Schallquelle immer näher. Bei Temperaturumkehr (IX und X) ist dieselbe Wirkung, aber nicht so ausgiebig vorhanden. Die Grenze der Hörbarkeit erscheint als eine luvwärts zurückgekrümmte Kurve, deren Krümmung mit dem Wachsen der Windgeschwindigkeitszunahme abnimmt.

Die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen wird viel größer, wenn man 2 Luftschichten über einander annimmt, die sich in der Ab- oder Zunahme der entscheidenden meteorologischen Elemente verschieden verhalten. Aus der unendlichen Fülle der Möglichkeiten hat Mohn in der Freude an der mathematischen Bewältigung einzelner naturgemäß konstruierter Fälle 30 Beispiele berechnet. Aus der Reihe der zum Teil sehr eigentümlich geformten Figuren der Hörbarkeitsbereiche sind hier nur die Figuren XI bis XIV wiedergegeben worden. Die Grenze zwischen den beiden Luftschichten ist bei diesen Figuren in 50 m zu setzen. Die meteorologischen Daten für die obere Schicht sind am oberen, die für die untere am unteren Rande eingetragen.

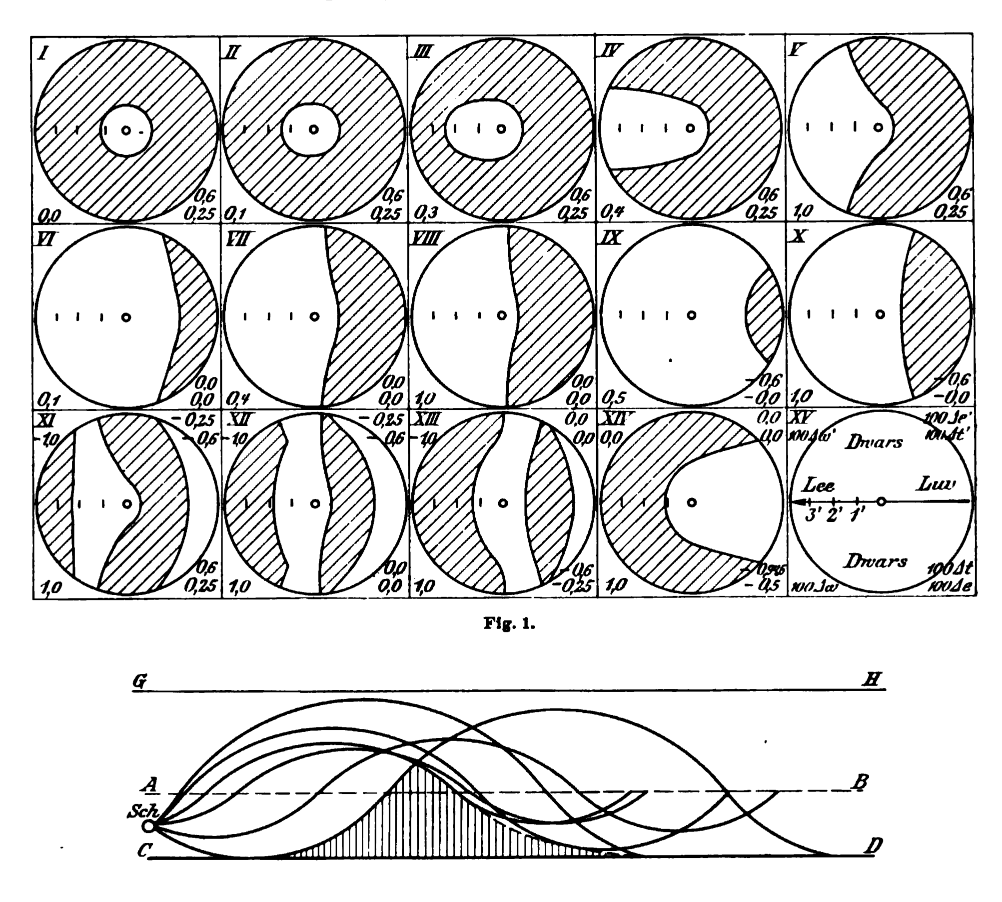


Fig. 1.

Fig. 2.

Die ersten drei stellen Fälle dar, wo der Schallschatten auf der Luvseite eine äußere Grenze hat, über die hinaus das Signal wieder vollkommen hörbar wird. Sie werden insbesondere durch Abnahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe in der oberen Schicht herbeigeführt. Dabei kann die Abnahme durch einen oberen entgegengesetzten Wind, wie solcher oben für einige beobachtete Fälle festgestellt ist, sehr wohl bedingt sein; doch braucht dieser Wind erst in größeren Höhen vorhanden zu sein. Für die Figuren XI bis XIV ist die Windrichtung in beiden Luftschichten die gleiche, von O. nach W. Den Verlauf der Schallstrahlen in der Luvrichtung in einer durch die Schallquelle gelegten Vertikalebene veranschaulicht für einen derartigen Fall nach Mohn die Figur 2. Zum Verständnis derselben braucht nur bemerkt zu werden, daß *Sch* die Schallquelle, *A B* die Grenze zwischen den beiden Luftschichten und *C D* die Erdoberfläche bezeichnet, und daß die gezeichneten Schallstrahlen nach der mathematischen Theorie der Erscheinung aus Kreisen zusammengesetzt sind,

deren Mittelpunkte auf den Parallelen *EF* und *GH* liegen, und die durch die Schallquelle, oder also durch den Eintrittspunkt in die andersartige Schicht hindurchgehen. Das Schallschattengebiet ist wieder schraffiert.

Fig. 1, XIV endlich zeigt eine Umkehr der gewöhnlich beobachteten Erscheinung: Der Hörbereich ist ein nach der Luvseite hin geöffneter Ausschnitt aus dem Horizont.

Als wichtigstes Gesamtergebnis der Untersuchung über die Nebelsignale bleibt nach Mohn die Unzulänglichkeit der Signalisierung mittelst des Schalles in der Luft bestehen. Äußerste Vorsicht, wenn kein Signal gehört wird, muß für den Schiffsführer oberstes Gebot sein; denn alsdann kann er sich ebensowohl in Lee, als zu Luvard oder Dwars von der Signalstelle befinden. „So wie die Sachlage jetzt ist, haben genauere Untersuchungen über die jetzigen Nebelsignale vielleicht eine größere Bedeutung für die Erforschung der Fortpflanzung des Schalles in der Luft als physische Erscheinung, als für die Aufstellung von Regeln für die Navigation im Nebel". Insbesondere werden weitere Versuche, wenn sie mit ausgiebigen meteorologischen Beobachtungen verbunden werden, vielleicht eine Lösung der Frage des Luftechos herbeiführen helfen.

Mit dieser Ansicht Mohns dürfte es gerechtfertigt sein, wenn hier einmal etwas ausführlicher über die Sache berichtet wurde. Zum Schluß sei noch eine hübsche Anwendung von Mohns Grundgedanken auf die Hörbarkeit des Donners angefügt, die von Meinardus (*Met. Zeitschr. 1894, 14*) herrührt.

Man wird nur noch selten auf Donner rechnen können, wenn 40 bis 50 Sekunden nach dem Erscheinen des Blitzes donnerlos verstrichen sind, was einer Entfernung von etwa 15 km entsprechen würde. Diese Hörweite ist für die mächtige Schallquelle des Donners eine so kurze, daß man sie nicht gut auf die Schwächung des Schalles durch die Ausbreitung zurückführen kann. Daß wir so bei manchem Wetterleuchten die schärfsten Blitze durch die Atmosphäre zucken sehen, ohne eine Spur des Donners zu vernehmen, wird seinen Grund vielmehr wohl auch darin haben, daß der Schall des Donners an den unteren Luftschichten mit größerer Fortpflanzungsgeschwindigkeit total reflektiert wird und nun über unseren Köpfen dahingeht. Im Einklang damit kann man von einem Ballon oder auf Bergen tatsächlich den Donner auf weitere Entfernungen hören, als in der Ebene.

Meinardus zeigt nun, wie sowohl vor als auch nach einem Gewitter die atmosphärischen Bedingungen für die Herausbildung eines Schallschattens wirklich vorhanden sind, indem der Wind auf das Gewitter zuzuwehen pflegt und die Temperaturabnahme mit der Höhe ebenfalls besteht. Nimmt man in Übereinstimmung mit mittleren Verhältnissen als Zunahme für die Windgeschwindigkeit auf 100 m $^1/_2$ m vor, 1 m nach dem Gewitter an, und setzt man die Temperaturabnahme für 100 m auf 0,8° C. vor und auf 0,5° C. nach dem Gewitter, und die mittlere Höhe der Gewitterwolken zu 1400 m, so würde der Donner des heranziehenden Gewitters erst gehört werden, wenn das Gewitter sich auf 12 km genähert hat, bei 15 m-sek. Geschwindigkeit für das Gewitter also etwa 13 Minuten vor dem Ausbruch. Nach dem Gewitter würde die Hörweite sogar nur 8 km betragen. Das sind Zahlen, die sich den beobachteten Zahlen gut anpassen.

Da für die verschiedenen Punkte der Blitzbahn der Donner verschieden weit gehört wird, entsprechend der verschiedenen Erhebung der Schallquelle in diesen Punkten, so muß natürlich die Dauer des Donners, von den übrigen sie bestimmenden Ursachen abgesehen, auch von der jeweiligen Lage des Ortes im Hörbarkeitsbereiche abhängen. Nun ist öfters das Rollen der ersten und letzten Donner auffallend kurz, man wird alsdann wohl ein Recht zu der Annahme haben, daß der Beobachtungsort sich nahe bei der Hörbarkeitsgrenze für die höchsten Punkte der Blitzbahn befindet und daher für die tieferen Punkte der Blitzbahn bereits im Schallschatten liegt. *W. Stahlberg.*

Wirkung der Selbstinduktion auf das Funkenspektrum. Die in *ds. Zeitschr. XV 38 u. 367* beschriebenen Untersuchungen wurden von E. Néculcéa auf den ultravioletten Teil des Spektrums ausgedehnt. (*C. R. CXXXIV 1494, 1572, CXXXV 25; 1902.*) Es wurden die Funkenspektra verschiedener Metalle für Wellenlängen von 2700 bis 2000 untersucht. Theoretische

Erwägungen führten den Verf. zur Anwendung eines Spektralapparates, durch den es gelang, mit einem einzigen Quarzprisma von 60°, trotz der sehr schwachen Dispersion des Quarz, eine anscheinend stärkere Dispersion zu erzielen, als mit einem Gitter bei Benutzung des Spektrums erster Ordnung. Anstatt nämlich achromatische Linsen anzuwenden, benutzte der Verf. gerade die Eigenschaft der nichtachromatischen Linse, für Strahlen verschiedener Brechbarkeit verschiedene Brennweiten zu besitzen. Dieser „Fehler“ erwies sich hier als ein Vorteil; dieser wurde noch vergrößert dadurch, daß man (im Gegensatz zu den sonst geltenden Regeln) die Brennweite der photographischen Linse größer nahm als die Brennweite der Kollimatorlinse. Die Rechnung ergab nämlich, daß die Diakaustik, d. h. der Ort der verschiedenen Brennpunkte der photographischen Linse für den ultravioletten Spektralteil von $\lambda = 2700$ bis 2000 fast eine gerade Linie bildet und daß dieser geradlinige Teil bei den für die Linse gewählten geometrischen Konstanten nur sehr wenig gegen die optische Achse des photographischen Objektivs geneigt ist. Während jene Spektralregion mit achromatischen Linsen kaum einige Zentimeter Länge erreicht, erhielt der Verf. bei seiner Anordnung auf der photographischen Platte dafür eine Länge von 30 cm. Die mit diesem Vorzug verbundene geringere Schärfe der Linien wurde durch besondere Einrichtungen beseitigt.

Der elektrische Funke wurde durch einen Rühmkorff oder durch einen Rochefortschen Transformator erzeugt; seine Länge überschritt niemals 3 mm. Außerdem waren ein ebener Kondensator von variabler Kapazität und parallel dazu zwei Spulen von variabler Selbstinduktion eingeschaltet. Die Wirkung der Selbstinduktion auf die Spektrallinien jener ultravioletten Region war bei einer großen Anzahl von Metallen und Metalloiden sehr bemerkenswert. So verschwindet z. B. bei Bleielektroden bei geringer Selbstinduktion nur eine deutliche und diffuse Linie, während die anderen sich sehr verschieden verhalten. Bei Zink werden die Linien $\lambda = 2558$ und 2502 mit wachsender Selbstinduktion L schwächer und für $L = 0{,}4191\ H$ sehr scharf, ohne zu verschwinden. Die Linien 2138 und 2102 sind für diesen Wert von L kaum, die anderen gar nicht mehr sichtbar. Bei Zinn sind namentlich zwei Linien (2429,3 und 2429,8) bemerkenswert, die bei einer bestimmten Selbstinduktion ($L = 0{,}02543\ H$) ein Minimum zeigen und dann wieder deutlicher werden. Über das weitere Verhalten der einzelnen Linien sei auf die Abhandlung selbst verwiesen.

Der Verf. warnt davor, bei spektroskopischen Untersuchungen für die notwendigen Verbindungen Drahtspiralen zu benutzen, weil sehr häufig die stärksten und charakteristischsten Linien eines Metalles durch die dann auftretende Selbstinduktion verschwinden. *Schk.*

Neuere Angaben zur Argongruppe. Über die neuen Elemente der Atmosphäre (vgl. *d. Zeitschr. VIII 219*, *IX 34*, *XII 35*) gaben W. Ramsay und M. Travers die weiter unten folgende Zusammenstellung der Gasdichten und Atomgewichte (*Chem. News 82*, *257*). Metargon ist aus der Reihe der Elemente zu streichen, da es als ein durch Kohlenwasserstoffe verunreinigtes Argon erkannt wurde. Dieselben Verfasser brachten die inaktiven Gase („Edelgase“ Hugo Erdmanns) im periodischen Systeme in einer Gruppe zwischen den Halogenen und Alkalimetallen unter (*Zeitschr. f. ph. Ch. 38*, *641—689*), und ermittelten weitere, ebenfalls in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellte physikalische Constanten (*Proc. Roy. Soc. 67*, *329—333*):

	Helium	Neon	Argon	Krypton	Xenon
Gasdichte ($O = 16$)	1,98	9,97	19,96	40,88	64,00
Atomgewicht	3,96	19,94	39,96	81,76	128,00
Brechungsindex (bezogen auf Luft = 1)	0,1238	1,2355	0,968	1,449	2,364
Siedepunkt bei p = 760 (absol. Temp.)	—	—	86,9	121,33	163,9
Kritische Temperatur (absol.)	?	unter 68°	155,6	210,5	287,7
Kritischer Druck (Meter Quecksilber) .	?	?	40,2	41,24	43,5
Dampfdruckverhältnis	?	?	0,0350	0,0467	0,0675
Gewicht von 1 ccm Flüssigkeit (in g) .	?	?	1,212	2,155	3,52
Molekularvolumen (flüssig)	?	?	32,92	37,84	36,40

Sämtliche Gase erwiesen sich noch als einatomig. — J. Dewar und Liveing beschrieben die Spektren von Krypton und Xenon und teilten zugleich weiteres zu den Trennungsmethoden dieser ganzen Gasgruppe mit (*Proc. Roy. Soc. 68, 389—398; Jahrb. d. Ch. XI 48, 1902*). *O.*

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Das Problem des Weltstoffs bei Galilei. Von Ernst Goldbeck. (*Vierteljahrsschr. für wissensch. Philos. und Soziol. XXVI, 2.*) Den Ausführungen der an scharfsinnigen Bemerkungen und Hinweisen reichen Abhandlung vermögen wir hier nur in den Hauptzügen zu folgen, und beabsichtigen durch den folgenden Bericht hauptsächlich zur Bekanntschaft mit der Arbeit selbst anzuregen. Diese beginnt mit einer Kennzeichnung der aristotelischen Lehre von einer himmlischen Substanz, die der Veränderung entzogen, ewig und vollkommen ist. Die Unterscheidung von himmlischer und irdischer Substanz hängt bei Aristoteles und noch mehr bei seinen scholastischen Nachfolgern aufs engste mit religiösen Stimmungen und Bedürfnissen zusammen. Ihr gegenüber tritt, zum Teil auf antike Anregungen zurückgreifend, die Behauptung, daß der Weltstoff überall gleichartig und von irdischer Natur sei.

Diese Lehre von der Gleichartigkeit des Weltstoffs ist zuerst durch Tycho Brahe in entscheidender Weise gefördert worden. Dieser häufig unterschätzte Zeitgenosse Galileis erhob bereits die Veränderlichkeit am Himmel, die von Aristoteles in Abrede gestellt worden war, über jeden Zweifel, indem er von dem 1572 erschienenen neuen Stern in der Cassiopeia nachwies, daß er mangels einer Parallaxe den Fixsternen zuzurechnen sei. Zur Bekräftigung dieser Lehre diente auch ein Komet von 1577, von dem Tycho sich das Gleiche nachzuweisen bemühte, und von dem er überdies feststellte, daß er die festen Sphären des Aristoteles durchkreuzte. Die Beseitigung dieser Sphären ist ein zweites dem Tycho zuzuschreibendes Verdienst. Der Verfasser knüpft hieran eine ausführliche psychologische Analyse Tychos, durch die der merkwürdige Mann in seiner eigentümlichen Stellung zwischen zwei Weltaltern und zwei Weltanschauungen uns menschlich nahe gerückt wird. Wir verstehen es, daß Tycho trotz jenes gewaltigen Eingriffs in das Lehrgebäude des Aristoteles doch aus religiöser Nötigung die besondere Natur der Himmelssubstanz nicht fallen lassen will und an der Vorstellung einer quinta essentia festhält; auch seine astrologischen Neigungen sind nicht so absurd, wie sie heut manchem erscheinen mögen, denn es liegt ihnen die Ahnung eines allumfassenden Naturzusammenhangs zu grunde. —

Galilei stellt die Frage nach der Gleichartigkeit des Weltstoffs an die Spitze seines Dialogs über die zwei Weltsysteme. Unter den hierbei zu widerlegenden aristotelischen Lehren spielt die Annahme, daß der Weltmittelpunkt im Innern der Erde liege, eine besonders wichtige Rolle. Diese Annahme wird von Galilei mit Gründen, die teils sich an Kopernikus anschließen, teils auf Lucrez und Plutarch zurückgehen, bekämpft. Eine zweite Stütze der aristotelischen Ansicht lag in der Unterscheidung der Bewegungen, derart, daß die geradlinige den irdischen, die kreisförmige den himmlischen Körpern zugeschrieben wurde. Galilei durchbrach diese Unterscheidung, indem er gemäß der kopernikanischen Auffassung auch für die Erde die Kreisbewegung in Anspruch nahm und demnach die Erde den himmlischen Körpern gleichstellte. Wichtiger aber als solche theoretischen Gründe gegen die alte Lehre waren die neuen Entdeckungen am Himmel, die Galilei ins Feld führen konnte. Dahin gehört der neue Stern vom Jahre 1604, bei dem Galilei, wie Tycho bei dem von 1572, das Fehlen einer Parallaxe nachwies, ferner die Entdeckung der Sonnenflecken durch Scheiner und Galilei im Jahre 1610, hinsichtlich deren Natur Galilei nach längerem Zögern die damals unerhörte Ansicht verteidigte, daß diese Flecken der Sonne selbst angehören. Nicht minder beweiskräftig waren die, wie die Entdeckung der Sonnenflecke dem Fernrohr zu verdankenden, neuen Kenntnisse von der Beschaffenheit der Mondoberfläche. Es erwies sich als unanfechtbar, daß die Mondoberfläche nicht spiegelglatt ist, sondern Höhen und Tiefen wie die Erdoberfläche zeigt. Den Einwand, daß der Mond, weil er das Sonnenlicht wiederspiegele, eine mathematisch genaue Kugelgestalt haben müsse,

widerlegt Galilei, indem er gerade aus diesem Einwand eine Bekräftigung für seine Ansicht entnimmt; denn eben daraus, daß die Mondoberfläche in gleichmäßig hellem reflektiertem Licht erstrahlt, ist zu schließen, daß sie keine mathematisch genau geschliffene, sondern eine rauhe, das Licht unregelmäßig diffundierende ist. Auch bei der Darlegung der terrestrischen Natur des Mondes spielen antike Einflüsse, namentlich der des Plutarch, mit. Andererseits erweist sich die Erde nicht bloß durch ihre kreisförmige Bewegung als ein Himmelskörper, sondern sie stellt sich den Planeten auch dadurch gleich, daß sie das Sonnenlicht wie diese reflektiert. Als Beweis hierfür dient ihm die schöne Entdeckung, daß das aschfarbene Licht des Mondes kurz nach der Konjunktion von der Erde reflektiertes Sonnenlicht ist, wohingegen die Planeten durch ihr Nichtselbstleuchten ihre der Erde verwandte Natur erweisen.

Zum Schlusse legt der Verfasser noch in lichtvollster Weise den Zusammenhang dar, in dem diese Leistungen mit der Lebensanschauung Galileis stehen, die in den Dialogen hauptsächlich durch die Person des Sagredo offen ausgesprochen wird. Es zeigt sich hier eine Abwendung von der früheren Geringschätzung des irdischen Daseins, die mit der aristotelischen Lehre eng verknüpft war. Galilei verteidigt mit glänzenden Worten die Vorzüge der irdischen Veränderlichkeit vor einer starren himmlischen Vollkommenheit. Eine dem irdischen Leben zugewandte Zeitströmung kommt in seiner Person und in seinem Forschen zum kräftigen Ausdruck; aber diese Geistesrichtung ist fern von Überhebung, denn sie ist mit grundsätzlicher Ablehnung des alten anthropozentrischen Standpunkts verknüpft. Eine besonnene Zurückhaltung kennzeichnet auch Galileis Verhalten in der Frage, ob die Materie aller Körper eine und dieselbe sei. Er war nicht gewillt, diesen Satz über den Bereich der Erfahrung auszudehnen, und lehnte alle Spekulationen, die über diese hinausgingen, ab. Der Satz von der Gleichartigkeit des Weltstoffs ist bei ihm kein Resultat der Erfahrung, sondern ein Postulat, dessen Gültigkeitsbereich durch jede neue Erkenntnis erweitert wird. *P.*

4. *Unterricht und Methode.*

Die Induktion im Dienste des chemischen Unterrichts. Unter diesem Titel hat Theodor Krug (Barmen) in *Natur und Schule 1902 Heft 7 und 8* ausführliche methodische Erörterungen und Anleitungen veröffentlicht[1]), die zur Aufklärung über den Begriff der induktiven Methode beitragen können. „Versuche, die nur dazu dienen, die Mitteilungen des Vortragenden zu bestätigen oder den Vortrag zu illustrieren, haben mit der Induktion absolut nichts gemein." „Verfolgen die Versuche den höheren Zweck, die Schüler durch eigene Versuche ein Bild von den chemischen Eigenschaften der Stoffe gewinnen zu lassen, so kann man ihnen zwar einen induktiven Charakter nicht absprechen; der Unterricht bewegt sich aber, wenn nichts Weiteres hinzutritt, nur auf der untersten Stufe der Induktion." „Die bei solchen Versuchen in Anwendung kommende Induktion ist eine stoffliche und zeitliche Generalisation, ein Schluß vom Teile auf den gesamten Stoff, vom einmaligen auf das allzeitige Verhalten dieses Stoffes." „Die stoffliche Generalisation . . . vollzieht sich ohne nennenswerten logischen Gewinn für die Schüler." „Ein Unterricht, der hauptsächlich auf solcher Generalisation beruht, aber die übrigen logisch wichtigeren Arten der Induktion außer acht läßt, kann bei Nichtsachverständigen den Schein strenger Durchführung der induktiven Methode erwecken, erfüllt aber selbst offenbar nur unvollständig seine Aufgabe."

Das sind der Beachtung werte, zum Nachdenken anregende Worte, die einer heut noch sehr verbreiteten Auffassung von dem Wesen der induktiven Methode entgegentreten. Was nun der Verfasser über jene unterste Stufe der Induktion hinaus vom induktiven Unterricht fordert, ist ein Doppeltes. Er verlangt eine Einführung in die beiden Grundformen „induktiven Schließens", die er als generelle Generalisation und als Reduktion bezeichnet. Unter der ersteren versteht er den Schluß von dem Verhalten der einzelnen Arten auf das der Gattung. Als Beispiele dienen ihm u. a. folgende: „Pottasche, Soda, Kreide werden

[1]) Der Aufsatz deckt sich im wesentlichen mit der Programm-Abhandlung des Verfassers im Jahresber. des städt. R.-G. zu Barmen, 1900. Vgl. d. Zeitschr. *XV*, *123*.

durch Essigsäure zersetzt; Pottasche, Soda, Kreide sind Karbonate; alle Karbonate werden durch Essigsäure zersetzt." Ferner: „Glaubersalz, Schwerspat, Gips verwandeln sich beim Erhitzen mit Kohle in Sulfide; Glaubersalz, Schwerspat, Gips sind Sulfate; alle Sulfate liefern beim Erhitzen mit Kohle Sulfide." Der Verf. erklärt eine solche Generalisation für berechtigt, wenn zwischen den Attributen der Einzeldinge und denjenigen Eigenschaften, die ihren Gruppencharakter bilden, ein Kausalzusammenhang besteht; wo ein solcher Zusammenhang nicht nachgewiesen sei, liege eine logisch unberechtigte Verallgemeinerung, ein Schluß aus der Analogie vor. Wir stimmen dem bei, weichen aber in der Anwendung dieses Prinzips von dem Verfasser beträchtlich ab. Wenn wir ihn recht verstehn, hält er schon die nachgewiesene Möglichkeit eines kausalen Zusammenhangs (Kohlendioxydgehalt und Zersetzung durch Essigsäure, Schwefelgehalt und Bildung von Sulfid) für ausreichend, eine Generalisation zu rechtfertigen. Wir müssen dagegen betonen, daß auch in den oben angeführten Beispielen (die der Verfasser zu den berechtigten Generalisationen rechnet) der Schluß nicht streng ist, ja, daß es in beiden Fällen tatsächlich Ausnahmen von dem gefundenen allgemeinen Satz gibt, auf die der Verfasser im weiteren Verlauf auch selbst hinweist (Magnesit und Essigsäure; Sulfate, die vor der Einwirkung der Kohle bereits durch die Hitze zersetzt werden). Überdies macht der Verfasser selbst auch geltend, daß je umfangreicher die Verallgemeinerung ist, desto zahlreicher „selbstverständlich" auch die Ausnahmen sind. Wir sind der Meinung, daß man aufhören sollte, Generalisationen der bezeichneten Art als ein wesentliches Bestandstück der induktiven Methode anzusehn[1]). Das Festhalten an diesem Irrtum ist zumeist wohl darauf zurückzuführen, daß das dabei befolgte unvollkommene Schlußverfahren von jeher auch als „induktiv" (epagogisch) bezeichnet worden ist (wohingegen die „induktive Methode" der neueren Zeit angehört). Wir können der induktiven Methode und unseren Schülern keinen besseren Dienst erweisen, als wenn wir solche Generalisationen als unsicher und höchstens mehr oder weniger wahrscheinlich kennzeichnen. Nur wo wirklich ein kausaler Zusammenhang der oben angedeuteten Art nachgewiesen ist (d. h. wo mit Notwendigkeit eine Erscheinung aus einer gemeinsamen Eigenschaft der ganzen Gruppe folgt), läßt sich die Generalisation ausführen; dann aber ist das Wesentliche des induktiven Verfahrens in diesem Nachweis und nicht in dem sehr formalen Akt der Generalisation zu sehn.

Das Hauptgewicht legt auch der Verfasser auf die kausale Induktion oder Reduktion. Sie „geht, wie die Generalisation, vom Besondern aus, aber nicht um einen neuen allgemeinen Satz zu finden, sondern um einen bereits geltenden allgemeinen Satz zu finden, aus dem das Besondere auf syllogistischem Wege abgeleitet werden kann". Ihr Ziel ist demnach nicht die Verallgemeinerung, sondern die „Begründung". Als Beispiel wird das Absorptionsvermögen der Ackererde für Salze und die Zurückführung dieser Eigenschaft auf den Tongehalt angeführt. (Nicht glücklich ist jedoch die nur dem Syllogismus zuliebe eingeführte Definition: „Die Ackererde ist ein durch gewisse Substanzen verunreinigter Ton.") Daß auch das Ergebnis der Reduktion niemals zuverlässig sei, muß bestritten werden; denn wir haben im Experiment ein Mittel, notwendige Koexistenz und Succession nachzuweisen. Die einfachste und für den Anfangsunterricht geeignetste Art der Reduktion ist die Reduktion durch Tatsachen (z. B. bei der Erklärung der Erscheinung, daß gipshaltiges Brunnenwasser durch organische Substanzen Schwefelwasserstoffgeruch annimmt). Schon mehr in das Gebiet der Reduktion durch Hypothesen gehört die Entscheidung, welche von den denkbaren Gleichungen für einen chemischen Vorgang (z. B. H_2SO_4 und KJ) diesem in Wahrheit zukommt. Das Arbeiten mit Hypothesen setzt im allgemeinen einen schon geschulten Geist voraus und wird daher vorwiegend der Oberstufe zufallen.

Von Untersuchungen der letzteren Art, die die Schüler im Laboratorium ausgeführt haben, teilt der Verfasser die folgende mit: „Welcher Vorgang findet statt, wenn man einen

[1]) Schon bei Bacon findet sich das verurteilende Wort „inductio, quae procedit per enumerationem simplicem, res puerilis est". (Höfler, Grundlehre der Logik und Psychologie, Wien 1903, S. 125.)

mit Eisendraht umwickelten Zinkstab in Kalilauge bringt? a) Feststellung der Umstände: Am Eisendraht steigen Bläschen auf; diese nehmen beim Erwärmen an Menge zu; das Gas erweist sich als Wasserstoff. — b) Bedeutung der Umstände: Ein Zinkstab ohne Eisendraht zeigt die Wirkung nicht, dagegen ist der Eisendraht durch Platindraht ersetzbar. Der Zinkstab ist unbedingt nötig; Eisen mit Platindraht umwickelt liefert kein Gas. — c) Aufstellung einer Hypothese: Es findet eine galvanische Zersetzung statt; am Eisen scheidet sich H, am Zink O ab. — d) Folgerungen aus der Hypothese: Der Eisendraht muß blank bleiben; daß Zink muß sich mit Zinkoxyd überziehen und an Gewicht zunehmen. — e) Prüfung der Folgerungen: Der Eisendraht bleibt blank; aber auch das Zink bleibt metallisch und nimmt an Gewicht ab. — f) Änderung der Hypothese: Das gebildete Zinkoxyd wird durch die Kalilauge aufgelöst. — g) Prüfung dieser Hypothese: Ein Versuch lehrt, daß Zinkoxyd in Kalilauge löslich ist. In der Kalilauge des Hauptversuchs wird das Zink durch H_2S nachgewiesen. — h) Schlußbetrachtung: Ein Eisenstab mit Platin umwickelt müßte, da elektropositiv, gleichfalls Wasserstoff entwickeln; eine solche Entwicklung ist aber kaum bemerkbar, da Eisenoxyd in Kalilauge nicht löslich ist. Dagegen ruft ein mit Platin umwickelter Bleistab dieselbe Erscheinung hervor wie Zink, da Bleioxyd in Kalilauge löslich ist."

Zu ähnlicher Behandlung sind vom Verfasser noch die folgenden Aufgaben verwendet worden: Welche Vorgänge finden statt, wenn man Chlor in eine alkalische Bleilösung leitet — wenn man Zink in einem Gemisch von verdünnter Schwefelsäure und Salpetersäure löst — wenn man Schwefelsäure auf Kaliumjodid einwirken läßt — wenn man Silbersulfid mit Kupferchloridlösung behandelt — wenn man Natriumhyposulfit auf Kaliumbichromat, Ferrosulfat auf Silbernitratlösung wirken läßt? Der Verfasser mißt mit Recht solchen Untersuchungen, mögen sie vom Lehrer im Unterricht oder von Schülern im Laboratorium angestellt werden, einen hohen pädagogischen Wert bei, namentlich insofern sie die Schüler mit den Grundzügen induktiver Forschung auf induktivem Wege bekannt machen. Ein Unterricht dieser Art wird ohne Zweifel in hervorragendem Grade geeignet sein, die Schüler logisch zu schulen und für das Leben auszubilden; denn „das induktive Denken, ungleich schwieriger als das deduktive, beherrscht alle Verhältnisse des täglichen Lebens".

Der Verfasser hält es andrerseits nicht für ratsam, den Lehrgang rein induktiv zu gestalten, d. h. ihn aus einer Reihe lediglich induktiver Untersuchungen zusammenzusetzen. Demgegenüber ließe sich geltend machen, daß das deduktive Denken in anderen Fächern hinreichend geübt ist und auch in den Lauf der induktiven Methode fort und fort eingreift, sodaß eine Notwendigkeit besonderer Berücksichtigung nicht vorliegt. Immerhin wird man in gewissen Fällen die Deduktion bevorzugen. Die Atomtheorie kann man überhaupt nicht induktiv einführen; sie ist, wie jede Hypothese, ein Erzeugnis der wissenschaftlichen Phantasie, nicht (wie der Verfasser will) einer induktiven Ableitung. Es ist daher gerechtfertigt, sie in dogmatischer Form zu geben und die Verbindungsgesetze daraus deduktiv abzuleiten. Es sollte aber nicht versäumt werden, darauf hinzuweisen, daß es sich bei der Atomtheorie nach heutiger Auffassung nur um ein Bild handelt, das zur Darstellung der Erscheinungen ganz besonders gut geeignet ist.

Zum Schlusse sei bemerkt, daß der Verfasser sich doch zu sehr an ältere Darstellungen der induktiven Logik gehalten hat; daher ist besonders die wichtige Rolle der Exklusion nicht hinreichend gewürdigt worden. *P.*

---

5. Technik und mechanische Praxis.

Neue elektromagnetische Bewegungsmechanismen. Bereits im Jahre 1856 beobachtete W. Thomson an *Fe* und *Ni* eine eigentümliche Änderung ihres elektrischen Leitungswiderstandes in einem magnetischen Felde; spätere Versuche von Tomlinson (*Wied. Beibl. VI, 291, 1881*) ergaben ein ähnliches Verhalten von Drähten aus *Fe*, *Ni*, *Co* und *Bi* bei longitudinaler Magnetisierung in Spulen. Bei weiterer Untersuchung dieser besonders bei *Bi* sehr ausgeprägten Erscheinung erhielt Righi 1883 an senkrecht zu den Kraftlinien stehenden *Bi*-Platten Widerstandszunahmen bis zu 12%, Ettinghausen fand sogar 1887 bei sehr reinem *Bi* in

einem Felde von 11 000 C.G.S. Einheiten eine solche von 40 %, während Legierungen von *Bi* mit *Zn*, *Pb* und *Cd* diese Eigenschaft nur in weit geringem Grade besaßen.

Infolge Ausgestaltung der Theorie der dynamoelektrischen Maschinen und der steigenden Bedeutung magnetischer Untersuchungen stellte sich das Bedürfnis nach bequemen Verfahren zur Ermittelung der Stärke magnetischer Felder heraus, und Leduc schlug hierfür (1886 u. 87) die Verwendung des *Bi* in Drahtform eben wegen der oben geschilderten Eigenschaft vor. *Bi* schmilzt bei 265° C., den Bemühungen Howards und besonders Lenards (*Wied. Ann. 39, 619, 1890*) gelang es denn auch, durch Pressung reinen *Bi*-Draht von ∾ 0,5 mm Stärke herzustellen, welcher in die Form flacher Bifilarspulen von 5÷20 mm Durchmesser und ∾ 10 Ω Widerstand gebracht wurde. Solche Spulen zwischen Glimmerscheibchen an einem passenden Griff befestigt — ∾ 1 mm dick — lassen sich recht gut zu Feldstärkemessungen verwenden und werden hierfür von der Firma Hartmann & Braun angefertigt. Genauere Untersuchungen über das Verhalten solcher Wismutspiralen stellten dann Lenard und besonders Bruger an (*Industries vom 12. Mai 1893*). Es zeigte sich hierbei, daß sich zwar die Widerstandsänderung als Funktion der Feldstärke graphisch gut darstellen läßt, eine genaue Formulierung des hierfür geltenden Gesetzes aber nicht zulässig ist, wenn auch die so erhaltenen Kurven für verschiedene Spiralen bis auf 1÷2% übereinstimmen. Der Widerstand wächst anfangs beschleunigt, von etwa $\mathfrak{H} = 10\,000$ an gleichförmig, um bei $\mathfrak{H} = 20\,000 \div 23\,000$ das Doppelte des Anfangswertes zu erreichen. Setzt man für $\mathfrak{H} = 0$ den Widerstand $W = 1$, so ist der Verlauf etwa folgender:

$\mathfrak{H} =$	0	2000	4000	8000	12 000	16 000
$W =$	1,000	1,045	1,14	1,3	1,48	1,67
	1,000	1,049	1,126	1,316	1,527	1,74

Die Angaben der letzten Reihe sind Mittelwerte; die beiden gegebenen Zahlenreihen lassen einen Schluß auf die vorkommenden Verschiedenheiten zu. Beistehende Fig. 1 gibt eine solche Eichungskurve wieder; die Widerstandszunahme beträgt im Mittel 5% für $\Delta\,\mathfrak{H} = 1000$ Kraftlinien. Es ist nach Versuchen von Lenard nicht gleichgiltig, welches Verfahren man zur Widerstandsbestimmung anwendet, da ceteris paribus sich ganz verschiedene Widerstandswerte ergeben, je nachdem man mit Wechselstrom und Telephon oder mit Gleichstrom mißt.

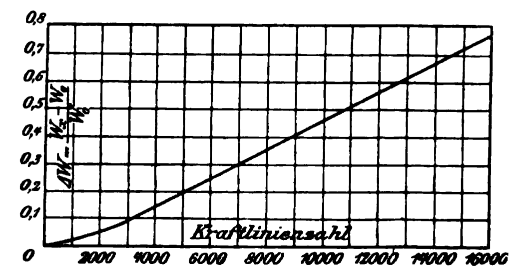


Fig. 1.

Nachdem nun der Verlauf der Erscheinung genügend festgestellt und sich die Widerstandszunahme als unter Umständen recht beträchtlich ergeben hatte, ferner auch die Frage der Herstellung von *Bi*-Draht in befriedigender Weise gelöst war, lag es nahe, weitere Verwendung hierfür zu suchen. Denken wir uns, wie in Fig. 2 gezeichnet, zwei gleiche Wismutspiralen mit zwei ebenfalls gleichen Kupferdrahtspulen paarweise zu zwei parallelen Zweigen von gleichem Widerstande verbunden und nun eine der *Bi*-Spiralen in ein starkes Feld gebracht, so hört die vorher herrschende Gleichheit der beiden Teilströme durch die infolge der Widerstandsvermehrung in dem einen Kreise hervorgebrachte Stromabnahme auf; die äußeren Wirkungen der Kupferspulen heben sich — bei passender Anordnung — nun nicht mehr auf. Wir haben also vor uns: ein System, bei welchem durch äußere Kräfte eine ihrem Sinne nach umkehrbare innere Gleichgewichtsstörung mit äußerer Wirkung hervorgebracht werden kann, d. h. die Grundlage für einen elektromagnetischen Bewegungsmechanismus. Die vorstehende Definition gilt auch für die gewöhnlichen Elektromotoren; hier entspricht den Kupferspulen: der Anker, den Wismutspiralen: der Kollektor; die Faradayschen sog. Unipolarrotationsapparate, das Barlowsche Rad (*vergl. Müller-Pouillet, 9. Aufl., III, 698 ff. — Ebert, Magnetische*

Kraftfelder, *202, 3*) stellen danach bloß je ein halbes solches System dar, weswegen hier, wenn Strom und Feld vorhanden, Drehung nur in einem Sinne eintreten muß. Nach dem Lenzschen Gesetze müßte daher wie jene auch ein System Kupfer-Wismut nach Fig. 2 umkehrbar sein, d. h. bei mechanischer Bewegung einen Strom geben.

Elektromagnetische Bewegungsapparate mit *Bi*-Spiralen, bei denen also ein Kommutator in Fortfall kommt, sind nun auch in neuerer Zeit von Bruger hergestellt und beschrieben worden (*E.T.Z. XXIII. 581/4, 1902*). Zunächst handelt es sich um einen Apparat mit Pendelbewegung, genau nach dem Schema Fig. 2, dargestellt in Fig. 3 (*vergl. E.T.Z., a. a. O. Fig. 9 und 10, S. 584*) im Grundriß. Die beiden Wismutspiralen a_1, a_2 sind an dem einen Ende

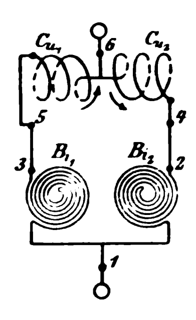


Fig. 2.

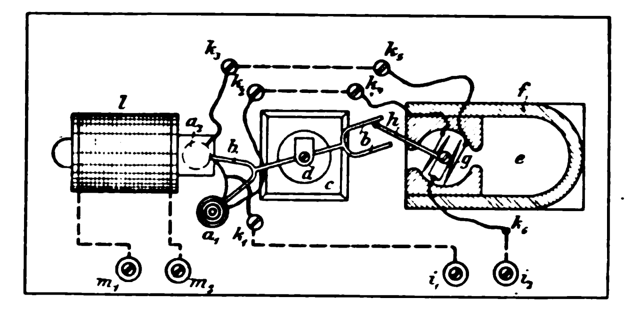


Fig. 3.

eines beiderseitig gabelförmig gestalteten Hebels *bb* befestigt, welcher in einer auf dem Holzklotze *c* angebrachten Lagerung *d* um eine senkrechte Achse schwingen kann; auf einem zweiten Holzsockel *e* ist der Hufeisenmagnet *f* befestigt, zwischen dessen Polschuhen die beiden Kupferspulen *g* ebenfalls um eine senkrechte Achse schwingen können. Bei ihrer Drehung bewegen sie durch den mit ihnen fest verbundenen Hebel *h*, welcher in die eine Endgabel des Hebels *b* eingreift, die Spulen a_1 a_2 hin und her; der Strom tritt durch die Klemmen i_1 i_2 in den Apparat und wird von den Klemmen $k_1 \div k_5$, welche den Punkten $1 \div 5$ in Fig. 2 entsprechen, durch Blattsilberstreifen den Spulen zugeführt. Das die *Bi*-Spulen beeinflussende Feld liefert ein Elektromagnet *l*, welchem der Strom gesondert durch m_1 m_2 zugeführt wird.

Es läßt sich aber auch unschwer eine fortdauernde Drehung in einem Sinne erzielen; einen solchen Apparat zeigt Fig. 4 in Vorderansicht (*Bruger*, *E.T.Z. a. a. O.*, *Fig. 7 u. 8*, *S. 583*). Hier sind drei „Elementarsysteme" nach Fig. 2 vereinigt; die 6 *Bi*-Spiralen sind auf einer Glimmerscheibe *a* angebracht, welche gemeinsam mit den zugehörigen *Cu*-Spulen *b* auf einer senkrecht stehenden Achse *c* befestigt ist. Die Glimmerscheibe dreht sich zwischen zwei halbkreisförmigen Polschuhen *d*, welche von 4 gleiche Winkel miteinander bildenden Hufeisenmagneten *e e* magnetisiert werden — in der Figur sind nur die beiden vorderen Magnete sichtbar; die *Cu*-Spulen drehen sich zwischen den Polschuhen eines Hufeisenmagneten *f*, der von einem festen Gestelle *g* getragen wird. Die Drehungsachse ist unten in einer Pfanne aus einer harten *Pt*-Legierung auf der Säule *h*, oben in der Feder *l* gelaget, die Stromzuführung zu den Systemen erfolgt durch die Lager — entsprechend k_1 und k_6 in Fig. 3 — weswegen die Achse aus zwei von einander isolierten Teilen bestehen muß. Die Anordnung

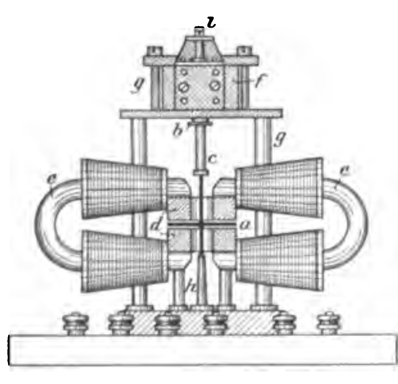


Fig. 4.

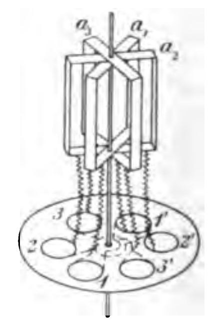


Fig. 5.

der Elementarsysteme ist schematisch in Fig. 5 dargestellt; $a_1\, a_2\, a_3$ sind die *Cu*-Doppelspulen (vergl. Fig. 3), um gleiche Winkel gegeneinander versetzt einen Trommelanker bildend, 1, 1', 2, 2', 3, 3' die zugehörigen drei Paare von *Bi*-Spiralen, je zwei benachbarte um 60° von einander abstehend; die Einrichtung ist so getroffen, daß die Polschuhe *d* eine Hälfte der Glimmerscheibe zwischen sich haben, demnach immer die Hälfte der Wismutspiralen sich im Felde befindet.

Bezüglich der in Betracht kommenden Größen ist folgendes zu bemerken. Die Widerstände sind so bemessen, daß $W_{Cu} : W_{Bi} = 1:10$. Das Feld für die *Bi*-Spiralen besitzt eine Stärke von etwa 9000 C.G.S.-Einheiten; dadurch wird W_{Bi} um fast 40 % erhöht, demnach zwischen den beiden entgegengesetzt wirkenden Strömen eine Differenz durch Überwiegen des einen um ∾ 35 % über den anderen hervorgerufen, was eine ziemlich lebhafte Bewegung veranlaßt. Die wirksame Stromstärke beträgt 40÷70 Milli-Ampères. Die *Bi*-Widerstände müssen aus dünnem Drahte hergestellt sein, da nur bei genügend schmalem Interferrikum sich das nötige starke Feld in einigermaßen rationeller Weise erzeugen läßt, dies setzt aber andererseits der Betriebsstromstärke Grenzen, da unter Berücksichtigung der Abkühlungsverhältnisse jede merkliche Erwärmung vermieden werden muß, wenn die Widerstandsänderungen konstant und ausreichend sein sollen.

Es war vorhin die Verbindung von je zwei *Bi*- und *Cu*-Spulen in der beschriebenen Weise als ein „Elementarsystem“ bezeichnet worden. Dies ist berechtigt, da die besprochene Anordnung bei Benutzung der in Rede stehenden Erscheinung die einfachste ist, welche der aufgestellten Definition genügt, dieser Begriff läßt sich aber noch weiter festlegen. Wir haben „aktive“ und „passive“ Teile zu unterscheiden, derart, daß die Wirkung der aktiven „nach außen“ abhängt von einer Einwirkung auf die passiven „von außen“. Im vorliegenden Falle sind die *Bi*-Spiralen passiv, die beiden um 180° gegen einander gedrehten *Cu*-Spulen aktiv; das der Definition genügende Elementarsystem der gebräuchlichen Elektromotoren besitzt nur eine einzige Spule, passiver Teil wäre der — zweiteilige — Kommutator, die äußere Einwirkung die einen Stromrichtungswechsel bewirkende Umschaltung. Es läßt sich aber die gleiche Betrachtungsweise auch auf eine ganz andere Gruppe elektrischer Bewegungsapparate ausdehnen. Schon Gilbert (1540÷1603) wußte, daß Eisen bei Rotglut vollkommen unmagnetisch und unmagnetisierbar ist; 1869 beobachtete Gore, daß vorher bis zu heller Rotglut erhitzter Eisendraht beim Abkühlen, dunkelrot geworden, sich plötzlich ausdehnt, um sich dann weiter zusammenzuziehen, und 1873 fand Barrett die mit dem Goreschen Phänomen im Zusammenhang stehende „Rekaleszenz“ (*vergl. Ewing, Magnet. Induktion in Eisen und verwandten Metallen, 158 ff., 1892*), d. h. das Wiederaufleuchten des sich abkühlenden Eisens bei einer bestimmten Temperatur infolge innerer Wärmeentwickelung. Wertvolle Untersuchungen über diese auf eine Zustandsänderung deutende Erscheinung veröffentlichte Osmond (1888), besonders aber beschäftigte sich Hopkinson (*Phil. Trans. 1889 A*) mit dem Einfluß derselben auf die magnetischen Eigenschaften des Eisens; es zeigte sich, daß Eisen und Stahl beim Erhitzen bei einer bestimmten, der sogen. „kritischen Temperatur“ vollständig ihre Permeabilität verlieren. Diese kritische Temperatur liegt je nach seinen Beimengungen für *Fe* zwischen 690° und 870°, für unreines *Ni* bei etwa 310°, doch ist der Gang der Permeabilität als Funktion der Temperatur unterhalb der kritischen sehr abhängig von der magnetisierenden Feldstärke (*vergl. Ewing, a. a. O. Fig. 78/80, S. 164 u. 165*), bei $\mathfrak{H} = 0{,}3$ fand Hopkinson z. B. für die Temperaturen $t_1 = 775°$ und $t_2 = 786°$ die Permeabilitäten $\mu_1 = 11\,000$ und $\mu_2 = 1{,}1$. Eine Verminderung der Permeabilität μ ist gleichbedeutend mit einem Anwachsen ihres Reziproken $1/\mu$: des magnetischen Widerstandskoëffizienten oder der „Reluktivität“ ξ; als Beispiel sind in nachstehender Tabelle einige für ein mittleres $\mathfrak{H}$ an Eisen mit mittlerer kritischer Temperatur erhaltene Werte von μ und ξ gegeben:

$t =$	100	200	400	600	750	785
$\mu =$	2580	2620	2700	2760	2160	0
$\xi =$	0,000387	0,000382	0,000370	0,000362	0,000463	1

Der Verlauf von ξ ist in Fig. 6 dargestellt; steigende Temperatur hat also eine Vergrößerung des magnetischen Widerstandes, der „Reluktanz", zur Folge, es sind demnach auch hier die Grundlagen für die Konstruktion von Bewegungsmechanismen nach der gegebenen Definition vorhanden. Die primäre äußere Einwirkung ist die Erwärmung, die innere Veränderung die Verringerung der Permeabilität, eine Wirkung, durch welche der Zustand des passiven Teiles selber hinsichtlich seiner äußeren Wirkung (seinem Verhalten einem Magneten gegenüber) beeinflußt wird, wir haben demnach hier den Fall, aktiven und passiven Teil zusammenfallen lassen zu können. Nachdem Stefan bereits 1871 auf die Anwendbarkeit dieser Eigenschaft des Eisens für Motoren hingewiesen hatte, stellten Houston und E. Thomson 1879 einen solchen einfacher Art wirklich her; 1884 konstruierte Mac Gee ein thermomagnetisches Rad, 1888 Stefan ein solches unter Anwendung von *Ni*.

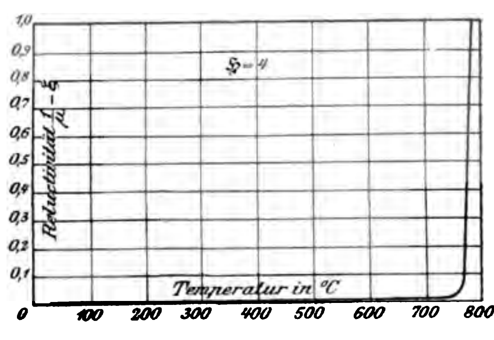


Fig. 6.

Besonders beschäftigte sich Edison mit der Frage der Konstruktion thermomagnetischer Motoren (1887), wie ein solcher in Fig. 7 schematisch dargestelllt ist (*vergl. Müller-Pouillet, 9. Aufl., III, 977*). Zwischen den beiden entgegengesetzten Polen *a a* befindet sich an einer senkrechten hohlen Achse *b* der aus dünnwandigen, der Achse parallelen Eisenröhren zusammengesetzte Anker *c*; ein unter 45° gegen die magnetische Achse versetzter Schirm *d* gestattet den aus dem Ofen *e* aufsteigenden heißen Gasen den Durchgang nur durch zwei in demselbem Sinne seitlich von der magnetischen Achse gelegene Quadranten des Ankers *c*, welcher somit infolge Anziehung der beiden kalten Quadranten in fortlaufende Drehung — von oben gesehen: im Sinne des Uhrzeigers — versetzt wird. (Genau den oben besprochenen Apparaten würde ein solcher Motor erst entsprechen, wenn der Anker mit einer fortlaufenden, in sich geschlossenen und dauernd von einem in Stärke und Richtung unveränderlichen Strome durchflossenen Wickelung versehen wäre und der Schirm *d* stets eine Hälfte des Ankers in toto verdeckte; dann wäre es erst ein eigentlicher elektromagnetischer Rotationsapparat, und zwar genau analog den gebräuchlichen Motoren, insofern Heizung und Schirm die gleiche Wirkung wie ein Kollektor gäben.) Man kann jedoch nach dem thermomagnetischen Prinzip auch Apparate bauen mit zwei parallelen magnetischen Zweigen, bei denen durch Erwärmung eine andere Verteilung des Kraftlinienflusses in diesen hervorgerufen wird; eine solche, wohl fast unbekannte Anordnung hat Tesla angegeben, bei der jedoch beide Zweige nicht gleichwertig sind (*Maser-Martin, Teslas Untersuchungen, Fig. 236 u. 237, S. 437. Halle, W. Knapp. 1895.*)

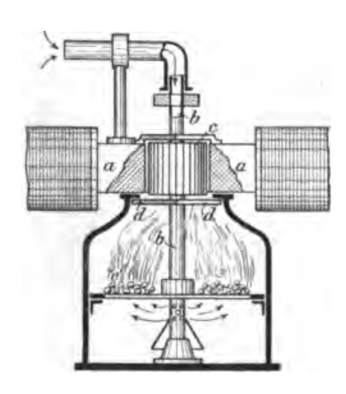


Fig. 7.

Zum Schlusse sei noch eine vergleichende Zusammenstellung der besprochenen drei Gruppen elektrischer Bewegungsmechanismen nach der vorgetragenen neuen Betrachtungsweise gegeben:

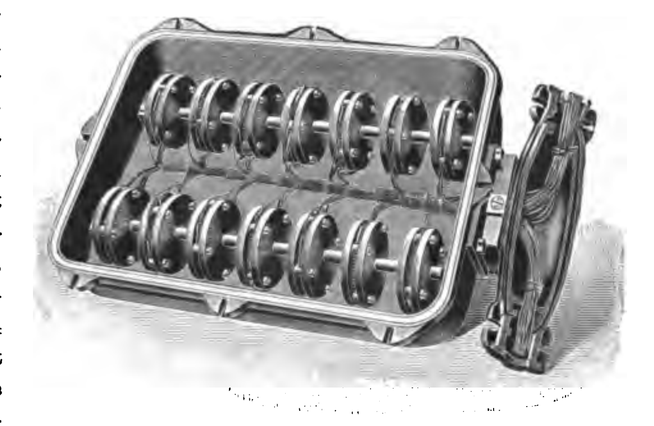
Bezeichnung der Gruppe	Wirkung „von aufsen"	Innere Veränderung	Wirkung „nach aufsen"
Elektromagn. Motoren	Umschaltung	Stromwendung	Feldumkehr
Elektroresistanz-Motoren	Widerstandsänderung	Stromänderung	Feldeinseitigkeit
Thermomagn. Motoren	Erwärmung	Permeabilitätsverminderung	Verminderte Anziehung.

Wie leicht einzusehen, ist bei diesen Apparaten eine verschiedene Umkehrbarkeit denkbar, 1. indem man, statt Bewegung zu erzeugen, die Vorrichtung mechanisch in Bewegung setzt, 2. indem aktive und passive Teile ihre Rollen tauschen. *B. v. Czudnochowski.*

Eine epochemachende Neuerung im Fernsprechwesen. (Vergl. *Elektrot. Zeitschr. 1902, No. 49.*) Bekanntlich waren den Entfernungen, über welche man bisher zu telephonieren vermochte, ziemlich enge Grenzen gesteckt. Ein Telephonieren war bisher günstigstenfalls nur auf einige Hundert Kilometer möglich, und die längste Entfernung, über die ein öffentlicher Fernsprechbetrieb bestand, betrug in Europa, auf der Strecke Berlin—Paris, 1200 km. Der Grund für diese Begrenzung der Übertragbarkeit telephonischer Gespräche liegt in der Tatsache, daß der die Sprache übermittelnde, schon an und für sich sehr schwache Wechselstrom in der Telephonleitung „abgedämpft“ wird, und zwar in um so stärkerem Maße, je länger die Leitung ist. Diese Abdämpfung rührt von der elektrostatischen Kapazität der langen Luftleitungen und besonders der Kabel und den damit verknüpften Energieverlusten durch Joulesche Wärme her. Es ist nun aber möglich, diese Dämpfung dadurch erheblich zu verringern, daß man in die Leitung in gewissen Entfernungen Spulen von bestimmter Beschaffenheit einschaltet. Indem diese die Selbstinduktion der Leitung beträchtlich erhöhen, drücken sie die Intensität der Ladungsströme und damit auch die Wärmeverluste in der Leitung so sehr herab, daß der Dämpfungsfaktor beträchtlich verkleinert wird.

Durch theoretisch-mathematische Betrachtungen ist nun im Jahre 1900 Prof. Michael J. Pupin von der Columbia University in New York dazu geführt worden, die Größe und Beschaffenheit der Spulen, sowie die Entfernungen, in welchen man sie in die Telephonleitungen einschaltet, je nach der Länge der elektrischen Wellen, welche man durch die Leitung zu übermitteln beabsichtigt, derart abzumessen, daß die elektrischen Wellen an keiner Stelle „reflektiert“ und somit ganz oder teilweise unwirksam gemacht werden. Überdies wird durch die Erhöhung der Selbstinduktion eine gleichmäßige Dämpfung der verschiedenen Schwingungen der Sprechströme bewirkt, was für die Reinheit der übertragenen Sprache von großer Bedeutung ist.

Die Pupinschen Patente sind von Siemens & Halske erworben und in zahlreichen Versuchen, die z. T. nur durch ein weitgehendes Entgegenkommen der Deutschen Reichspost ermöglicht wurden, als über alles Erwarten brauchbar befunden worden. Nach vielen Vorversuchen im Laboratorium erprobte man die Theorie praktisch zuerst an einem längeren in Deutschland vorhandenen Fernsprechkabel (die meisten Telephon-Fernleitungen sind nicht Kabel, sondern Luftleitungen). Dieses Kabel ist zwischen Berlin und Potsdam verlegt und hat eine Länge von 32,5 km. Von den 28 je 1 mm starken Doppelleitungen des Kabels wurden 14 nach dem Pupinschen System mit Spulen ausgerüstet, von denen je eine auf 1300 m Länge der einzelnen Adern entfiel, während die übrigen 14 Adernpaare im bisherigen Zustand belassen wurden. In der beistehenden Figur ist die Anordnung der Spulen im Innern des Kastens gezeigt, wie er an den einzelnen Punkten eingeschaltet wurde. Der Unterschied war überraschend; es zeigte sich, daß die Sprachlautheit bei 5 hintereinander geschalteten Adernpaaren mit Spulenausrüstung, also auf eine Entfernung von $5 \times 32{,}5 = 162{,}5$ km noch dieselbe war, wie bei einem einzigen Adernpaar ohne Spulenausrüstung. Ja, selbst über 13 hintereinandergeschaltete Adernpaare, also über eine Entfernung von $13 \times 32{,}5 = 422{,}5$ km, war noch eine zwar leise, aber praktisch brauchbare Verständigung



möglich. Diese Entfernung würde ungefähr der Strecke Berlin—Fulda oder Berlin—Dirschau oder Magdeburg—Cöln entsprechen. Daß man über derartig große Strecken durch Kabel telephonieren könne, hätte man bisher nicht für möglich gehalten.

Ebenso günstig erwies sich die Anwendung des Pupin-Systems bei Freileitungen. Für diese Versuche stellte die Reichspost eine 150 km lange Bronze-Luftleitung von 2 mm Durchmesser zwischen Berlin und Magdeburg zur Verfügung, in welche von Siemens & Halske auf je 4 km Entfernung eine Spule eingeschaltet wurde. Es ergab sich, daß man durch diese verhältnismäßig sehr einfache Vorrichtung eine größere Lautstärke der Sprache erhielt, wie auf einer 3 mm starken Leitung ohne Spulenausrüstung.

Daß die wirtschaftlichen Vorteile sehr große sein müssen, wenn man künftig 3 mm starke und selbst noch dickere Leitungen durch 2 mm starke ersetzen kann, um ein gleich gutes und vielleicht ein noch besseres Resultat als bisher auf gleich große Entfernungen zu erzielen, liegt auf der Hand — die durch die Anbringung der Spulen bedingten Kosten sind unbedeutend im Verhältnis zu dieser großen Ersparnis.

Über längere Linien sind Versuche erst in der Vorbereitung begriffen. Nach den bisherigen glänzenden Versuchsergebnissen und der völligen Übereinstimmung zwischen den theoretisch geforderten und den praktisch gefundenen Werten kann das Resultat der neu geplanten Experimente von vornherein keinen Augenblick zweifelhaft sein; ja es läßt sich mit Sicherheit vorhersagen, daß das praktische Ergebnis bei längeren Leitungen verhältnismäßig ein noch günstigeres sein wird als auf der kürzeren Linie Berlin—Magdeburg; denn die Größe der erzielten Verbesserung wächst mit der Länge der benutzten Leitung.

Was aber eine 4- bis 5-fache Verstärkung der Sprachlautheit zu bedeuten hat, mag an einigen Beispielen erläutert werden. War es bisher möglich, auf 1200 km Entfernung von Berlin nach Paris zu telephonieren bei Benutzung einer 5 mm starken Luftleitung, so vermag man jetzt auf die 5-fache Entfernung, auf 6000 km, verständlich zu telephonieren, bei Benutzung einer 6 mm starken Leitung sogar auf ca. 8000 km. Ein Fernsprechverkehr von Berlin mit London, mit Kopenhagen, Stockholm, Christiania, Petersburg, Moskau, Madrid, Rom, Athen, Konstantinopel und anderen Orten, ja, ein Fernsprechverkehr zwischen allen beliebigen Hauptorten Europas rückt nicht nur in den Bereich der Möglichkeit, sondern dürfte sogar zweifellos in nicht allzu ferner Zeit Tatsache geworden sein. Ja es würde technisch sogar ohne weiteres zu ermöglichen sein, daß man von Berlin nach Ägypten oder Indien oder nach unseren meisten deutschen Kolonien in Afrika, vielleicht sogar von Petersburg nach Peking telephonieren kann. Theoretisch hindert nichts an der Ausführung solcher Fernsprechverbindung — ihre Verwirklichung wird also lediglich eine Geldfrage sein. Sollte sich die Überzeugung herausbilden, daß die erheblichen Kosten einer derartigen Anlage sich rentieren würden (was einstweilen freilich unwahrscheinlich ist), so kann sie jederzeit in praktisch brauchbarer Weise zur Ausführung gebracht werden.

Ein Telephonieren über den atlantischen Ozean hinweg, an das man in erster Linie denken wird, ist dagegen, nach dem heutigen Stande der Versuche zu urteilen, vorläufig noch nicht zu erzielen. Wenngleich die Entfernung der englischen oder der französischen Küste von New York noch etwas weniger als 6000 km beträgt, so sind doch die Verhältnisse im Fernsprechkabel, das ja für die Durchquerung des Ozeans allein in Frage kommen könnte, erheblich ungünstigere als in der Luftleitung, und man dürfte vorläufig schwerlich über mehr als einige Hundert Kilometer Seekabel telephonieren können — selbst wenn die großen technischen Schwierigkeiten, ein Kabel mit Spulenausrüstung in ein Meer von größerer Tiefe zu versenken, sollten überwunden werden können. — Immerhin ist eine telephonische Verbindung etwa zwischen London und New York zweifellos erheblich mehr in den Bereich der Möglichkeit gerückt als bisher, und da ja die ganze „Pupin-Telephonie“ noch in den ersten Anfängen steckt, so darf man ihr wohl noch eine sehr große Zukunft prophezeien und manche Überraschungen von ihr erwarten.

R. Hennig.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1901. Dargestellt von der deutschen physikalischen Gesellschaft. 57. Jahrgang. I. Abteilung: Physik der Materie, red. von Karl Scheel. 38 und 421 S. M 17. II. Abteilung: Physik des Äthers, red. von Karl Scheel. 64 und 810 S. M 39. III. Abteilung: Kosmische Physik, red. von Rich. Assmann. 58 und 610 S. M 24. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1902.

Dank den Bemühungen der Herausgeber und Mitarbeiter ist dieses umfangreiche Werk wiederum geraume Zeit vor Ablauf des auf das Berichtjahr folgenden Jahres fertig gestellt worden. Dabei ist der Umfang gegen das Vorjahr trotz der Ausscheidung des chemischen und technischen Materials nicht unbeträchtlich gewachsen. Wer auf irgend einem Gebiet der physikalischen Forschung sich über die Fortschritte des letzten Jahres unterrichten will, wird das Werk nicht entbehren können. *P.*

Lehrbuch der Experimentalphysik. Von E. von Lommel. 8. und 9. überarbeitete Auflage, herausgegeben von Prof. Dr. Walter König. Mit einem Porträt, 429 Figuren im Text und 1 Spektraltafel. 592 S. Leipzig, Johann Ambr. Barth, 1902. M 6,40, geb. M 7,20.

Das rasche Erscheinen dieser Doppelauflage (die sechste wurde in dieser Zeitschr. *XIII 238* angezeigt), ist das beste Zeugnis für die Brauchbarkeit des Buches, dessen Herausgeber fortdauernd bestrebt ist, es in jeder Beziehung auf der Höhe zu halten. Hinzugekommen ist in dieser Auflage außer den neuesten Entdeckungen über die elektrischen Strahlungen auch ein Artikel über die neuen Strahlungsgesetze. *P.*

Kompendium der Physik. Von Dr. L. Grätz, Prof. an der Universität München. 3. verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 275 Abbildungen. 479 S. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1902. M 8.

Das vorliegende Kompendium ist wohl in erster Reihe für Studierende bestimmt, stellt indessen an deren Vorbildung sehr mäßige Anforderungen. Gewisse Bemerkungen, die über die 2. Auflage in dieser Zeitschrift (*IX 153*) gemacht wurden, sind unbeachtet geblieben, selbst die über die unzutreffende Darstellung der Zentrifugalkraft und über die unstrenge Behandlung des Potentials. Für die Methodik des Unterrichts ist aus dem Buch nicht viel zu lernen, in Bezug auf Genauigkeit und Klarheit der Darstellung wird es von dem etwa für die gleichen Zwecke bestimmten Lommelschen Lehrbuch weit übertroffen. *P.*

Sichtbare und unsichtbare Strahlen. Vorträge, auf Einladung des Vorstandes des Departments Leiden der Maatschappij Tot Nut Van 't Algemeen, gehalten von H. A. Lorentz. Unter Mitwirkung des Verfassers aus dem Holländischen übersetzt von G. Siebert. Mit 40 Abbildungen. 123 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1902. M 3.

Der berühmte Verfasser bietet hier elementare Vorlesungen, die ohne alle Voraussetzungen die Zuhörer doch bis zu den letzten Problemen der heutigen Forschung führen. Gleich in der ersten Vorlesung werden an die grundlegenden Betrachtungen über Geschwindigkeit, Kraft und Masse die Hertzschen Untersuchungen über die Dauer des Stoßes zweier elastischer Kugeln angeschlossen. Ebenso wird die Erörterung der krummlinigen Bewegung bis zum Gravitationsgesetz fortgeführt, die Darstellung der schwingenden Bewegung bis zur Bewegung der Doppelsterne, die der elektrischen Erscheinungen bis zur Elektronentheorie, die der magnetelektrischen Vorgänge bis zum Zeemannschen Phänomen. Den Schluß bildet ein Vortrag über Erhaltung der Energie. Das Buch schließt sich den Meisterwerken populärer Darstellung, die die Literatur bereits aufweist, würdig an und verdient insbesondere die Beachtung der Lehrer des Faches. *P.*

Die Entwicklung unserer Naturanschauung im XIX. Jahrhundert und Friedrich Mohr. Vortrag vor der naturwiss. Gesellschaft in Winterthur von Ch. Jezler. 44 S. Leipzig, Johann Ambr. Barth, 1902. M 1,20.

Der Verfasser will dem verdienstvollen Friedrich Mohr durchaus die Priorität hinsichtlich der Erhaltung der Kraft zuerkannt wissen. Richtig ist, daß Mohr den Grundgedanken der kinetischen Wärmetheorie und den der Einheit der Naturkräfte gehabt hat. Daß hiermit die Entdeckung Robert Mayers nicht identisch ist, hat Mohr selbst anerkannt. Rosenberger (Gesch. d. Physik III, 385) sagt sehr zutreffend: „Mohrs Sätze beziehen sich alle auf die Verwandlung der Kraftformen; auf die Kraftquantitäten oder gar auf die Erhaltung derselben bei aller Transformation geht er garnicht ein". Hiernach ist jener Anspruch ungerechtfertigt. Näheres über Fr. Mohr findet man in d. Zeitschr. *XIV. 181.* *P.*

Elementare Experimental-Physik für höhere Lehranstalten. Von Dr. Johannes Russner. III. Teil: Lehre vom Schall und vom Licht. Mit 279 Abbildungen und 1 Spektraltafel. 184 S. IV. Teil: Wärme und Reibungselektrizität. Mit 271 Abbildungen. 148 S. V. Teil: Magnetismus und Galvanismus. Mit 291 Abbildungen. 178 S. Preis jedes Bandes geb. M 3,20. Hannover, Gebrüder Jänecke, 1901.

Den in dieser Zeitschr. *XIV 247* angezeigten ersten beiden Teilen schließen sich diese drei in Ausstattung und Durchführung an, doch tritt die rechnerische Seite, die den ersten Bänden zum Vorteil gereichte, mehr zurück. Unter den Abbildungen überwiegen die oft unnötig gehäuften Figuren aus dem Kohlschen Preisverzeichnis, während der Text sich an Weinholds Unterrichtsmethode anlehnt. So ist in Teil IV an der Definition des Potentials oder der Spannung als eines „Bestrebens der Elektrizität, sich auf einen Leiter auszubreiten“, festgehalten. Hierbei bleibt völlig unerklärt, inwiefern das Produkt Spannung $\times$ Elektrizitätsmenge (S. 116) einer Arbeit gleich sein kann, noch weniger kann dem Potential in dem einen Leiter umgebenden Dielektrikum eine Bedeutung beigelegt werden. In Teil V sind die Kraftlinien zu Grunde gelegt, doch wird, wie häufig, auch hier der Übergang von den Eisenfeileversuchen zu dem abstrakten Kraftlinienbegriff stillschweigend vollzogen, es wird z. B. nicht aufgeklärt, was damit gemeint ist, daß die Kraftlinien in Magneten vom Südpol zum Nordpol zurückgehen. Bei der Einführung in den Galvanismus ist gleichfalls manches zu dogmatisch behandelt. In Teil IV vermißt man die meteorologischen Erscheinungen, die in einem Lehrbuch für höhere Lehranstalten nicht fehlen sollten. In historischer Beziehung sei zu Teil IV S. 76 bemerkt, daß die Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalents zu 571 mkg nicht von Rumford herrührt, sondern wohl erst auf Grund seiner Resultate (er hatte die aufgewandte Arbeit überhaupt nicht gemessen) näherungsweise nachträglich angestellt worden ist. Anzuerkennen ist, daß auf die galvanischen Meßinstrumente genauer eingegangen wird und daß auch vielfach neuere Forschungsergebnisse berücksichtigt sind. *P.*

Astronomische Erdkunde. Ein Lehrbuch angewandter Mathematik. Von H. C. E. Martus. Kleine Ausgabe. Zweite Auflage. Dresden und Leipzig, C. A. Koch (H. Ehlers). 1902. 127 S.

Das größere Werk des Verfassers hat sich unter dem Titel „Astronomische Geographie“ bereits als ein Grundbuch auf diesem Gebiet bewährt und kann unbedingt als das vorzüglichste Hilfsmittel für den Unterricht in der Astronomie bezeichnet werden. Sein Vorzug liegt darin, daß es „die Ergebnisse der Forschung nicht als Tatsachen mitteilt, an die man zu glauben hat“, sondern daß sie „aus den Beobachtungen mathematisch bewiesen werden, sodaß man durch Selbstausrechnen Einsicht und Gewißheit erlangt“. Auch der vorliegende Auszug enthält noch einen ungemein reichen Stoff, er ist für die Hand der Schüler bestimmt und wird durch seine Klarheit, wie durch die Präzision und Zuverlässigkeit aller seiner Angaben das Interesse an der Astronomie sicherlich aufs günstigste beeinflussen. *P.*

A Laboratory Manual of Physics for Use in High Schools. By Henry Crew, Ph. D., Prof. of Physics in Northwestern University and Robert R. Tatnall, Ph. D., Instructor in Physics in Northwestern University, formerly Instructor in Physics in the Academy of Northwestern University. New York, The Macmillan Company. London, Macmillan & Co., Ltd. 1902. XIV u. 234 S. 0,90 $.

Das Werkchen ist eines der vielen ausgezeichneten Übungsbücher, die die Schüler der höheren Lehranstalten (*high schools*) in den Vereinigten Staaten bei ihren physikalischen Versuchen in den überall vorhandenen Schülerlaboratorien neben den eigentlichen Lehrbüchern (*text-books*) benutzen. Die physikalischen Hauptgesetze werden darin mit großer Einfachheit erforscht, die für die Verfasser, wie sie offen bekennen, eine andauernde Quelle des Erstaunens und Entzückens bildet. Es ist hier eine Empfindung ausgedrückt, der sich niemand entziehen kann, der einst als Student auf der Universität Präzisionsmessungen gemacht hat und dann als Lehrer bei den Schülerübungen entdeckt, wie außerordentlich viel mit den einfachsten Mitteln erreichbar ist.

In den Vereinigten Staaten führen alle Schüler einer Klasse gleichzeitig denselben Versuch aus, ein Verfahren, das sich auch bei uns in Deutschland, wo man den Mut hatte, es anzuwenden, durchaus bewährt hat. Solche Schülerübungen stellen an das Arbeitsvermögen des Lehrers ungemein hohe Anforderungen, die nur durch umsichtige Anordnungen und bei bequemen Einrichtungen zu erfüllen sind. Hier heißt es vor allem: Haushalten mit Arbeitsvermögen und Zeit der Lehrer und Schüler! Die Verfasser waren daher mit Recht bestrebt, den Aufwand an Unterrichtsarbeit auf den kleinsten möglichen Wert herabzudrücken. Dies spricht sich zunächst in der Anordnung des Stoffes aus: An der Spitze jeder Übung steht eine vollständige Apparatenliste, die dem Lehrer ermöglicht, schnell und sicher den ganzen Bedarf an Lehrmitteln vorzubereiten und herauszugeben. Darauf folgt die Aufgabe (*problem*), die so gefaßt ist, daß man sofort Ziel und Weg erkennt. Hieran schließen sich sehr klare Anweisungen, geschickte Fragen und wertvolle Vorsichtsmaßregeln. Um der notwendigen For-

derung des Haushaltens mit der Unterrichtsarbeit (*economy of teaching energy*) gerecht zu werden, haben die Verfasser nur einfache, billige, leicht zu beschaffende und leicht zu vermehrende Apparate benutzt. Doch zeigt die verwendete Apparatenausrüstung deutlich, daß in Amerika für die Schülerübungen viel mehr Geld als in England oder gar in Deutschland zur Verfügung steht. Die Verfasser heben mit Recht die Tatsache hervor, daß ein Apparat, der selbst angefertigt (*home-made*), deßhalb noch keineswegs einfach ist. Sie sehen nur solche Apparate als billig an, bei denen kluge Sparsamkeit in den Anschaffungskosten verbunden ist mit weisem Maßhalten in den Ansprüchen an die Geisteskraft der Schüler und das Arbeitsvermögen der Lehrer.

Die beschriebenen Übungen bilden ein zusammenhängendes gleichförmiges Ganze; trotzdem ist jede Übung so selbständig gehalten, daß der Lehrer je nach der zur Verfügung stehenden Zeit vorgeschlagene 30 oder 60 von den 94 angegebenen Versuchen auswählen kann, ohne daß empfindliche Lücken in der Ausbildung entstehen. Die Übungen sind mit Geschick ausgewählt, doch sind zu wenig Versuche über Bewegung und vor allem zu wenig Übungen im Messen von Wärmemengen vorhanden. Die Zeichenübung (No. 62) über die Dampfmaschine könnte wegfallen. Das Buch enthält drei Anhänge: Der eine behandelt die zweckmäßige Auswahl eines Galvanometers, das mannigfachen Ansprüchen genügt; der andere enthält nützliche Tafeln; ein dritter gibt einen Auszug aus der Arbeit von Robert Boyle, *A New Essay Instrument, together with the uses thereof* (*Phil. Trans. 1675, Works 4, 204*). Das Buch bringt auch sonst mehrfach kurze geschichtliche Angaben. Das ist sehr anzuerkennen; doch kann man im Hinblick auf Gerland und Traumüller, *Gesch. der phys. Experimentierkunst* (*d. Ztschr. XIII 119*), dem Auszug aus der Abhandlung von Boyle nur geringen Wert beilegen. Hingegen regt diese Berücksichtigung der Geschichte der Physik die Forderung an: bei der Auswahl der Schülerübungen, soweit es ausführbar ist, auf die Arbeiten der Entdecker der Gesetze zurückzugehen und an deren oft genialen und dabei oft so einfachen Forschungsverfahren, selbstverständlich unter Benutzung der Hilfsmittel der Neuzeit und unter Beachtung der Gesetze der Psychologie, Geist und Hand der Schüler auszubilden. Dies ist der Königsweg, den wir in Deutschland nach dem Vorgange Machs u. a. mit großem Erfolg im Klassenunterricht eingeschlagen haben und den wir demgemäß auch bei der Ausgestaltung der Schülerübungen verfolgen müssen.

Das vorliegende Buch gewährt einen ausgezeichneten Einblick in den hochentwickelten Betrieb der physikalischen Schülerübungen in den Vereinigten Staaten. Wenn wir auch die beschriebenen Übungen nicht einfach nachahmen können und wollen, so müssen wir doch die langjährigen Erfahrungen und großartigen Leistungen der Amerikaner berücksichtigen und ausnutzen. Ich empfehle daher das Werk auf das wärmste den Amtsgenossen, die sich mit diesem jungen, so zukunftsreichen und jetzt eifrig gepflegten und geförderten Unterrichtsverfahren beschäftigen. *Hahn.*

Die galvanischen Induktionsapparate. Leichtfaßliche Anleitung zur Anfertigung, Erhaltung und Berechnung der Ruhmkorff-, Tesla- und medizinischen Rollen, deren Verwendung mit Geißler- und Röntgenröhren in physiologischen und Hertzschen Versuchen, Funkentelegraphie, Spektroskopie, Zündungen u. s. w. Von Prof. W. Weiler. VIII u. 216 Seiten, 173 Abbild. Leipzig 1902. Moritz Schäfer.

Der Verf. hat sich durch zahlreiche den Gegenstand betreffende Anfragen von verschiedenen Seiten veranlaßt gesehen, eine besondere Schrift gewissermaßen als Ergänzung seines „Praktischen Elektrikers“ über das Induktorium zu verfassen, und wünscht, daß die „aus der Praxis hervorgegangene und für die Praxis bestimmte Schrift“ „ein zuverlässiger Führer sei“. Nachdem zuerst eine Darstellung der physikalischen Grundlagen gegeben, werden die Einzelteile des Induktoriums, sodann verschiedene ausgeführte Apparate und anschließend zahlreiche mit solchen anzustellende Versuche beschrieben.

Zunächst sei bemerkt, daß der Verf. vielfach ungewohnte und mißverständliche Ausdrücke gebraucht, z. B. S. 1 für ein Kraftlinienbild „magnetisches Spektrum“, S. 100: „Entladungsbirne“, S. 124 und 125: „Molekularschatten“ und „Molekularermüdung“. Ferner S. 18: „Das niedere Niveau drückt aufwärts“ u. a. m. Die Herstellung von Eisenkernen nach S. 26 Absatz d ist als veraltet fortzulassen. Die behandelten Stromwender von Dujardin und Bertin wären, als so gut wie garnicht in Gebrauch, besser durch den von Rühmkorff und den Zweikurbelkommutator ersetzt. Die Erklärung des Unterbrechers von Apps ist falsch, die Spannung der Feder, nicht ihre Länge ist veränderlich. Der in Bild 48 dargestellte Quecksilberstrahlunterbrecher ist nicht der von der A.-E.-G. konstruierte, sondern der von M. Levy angegebene. Statt des einfachen Quecksilberunterbrechers von Stöhrer würden besser die entsprechenden Ausführungen von M. Kohl und der A.-E.-G. beschrieben sein. Auch gegen die Identifizierung von Kanal- und Anodenstrahlen wie die Besprechung des Wesens der Becquerel- und Röntgenstrahlen ist Widerspruch zu erheben. Was die Abbildungen anbelangt, so ist die Aus-

wahl nichts weniger als gut; Darstellungen, wie die der ganz unmöglichen Kontaktschraube Bild 38, dürften nicht vorkommen; es wäre im ganzen viel mehr Rücksicht auf die neueren Ausführungen und Anschauungen zu nehmen gewesen. Immerhin werden sich einige der rein praktischen Ausführungen des Verf. als sogen. „Faustregeln" ganz brauchbar erweisen. *B. von Czudnochowski.*

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie. Herausgegeben von Richard Meyer, Braunschweig. XI. Jahrgang 1901. Braunschweig, 1902, Vieweg & Sohn. XII u. 548 S. Geh. M 14, geb. M 15, Hfrz. M 16.

Das Meyersche Jahrbuch der Chemie hat sich durch seine schnelle und gediegene Berichterstattung über die Fortschritte auf allen Gebieten der Chemie bereits einen so sicheren Platz erobert, daß es genügt, auf das Erscheinen des neuen Jahrganges hinzuweisen. Organisation und Mitarbeiter des Werkes (näher angegeben bei Besprechung des 10. Jahrganges in *d. Zeitschr. XV 53*) sind im wesentlichen dieselben geblieben, nur sind jetzt die „Physiologische Chemie" von W. Küster, die „Agrikulturchemie" von A. Morgen und W. Zielstorff, das „Hüttenfach" von O. Doeltz, die „Technologie der Kohlehydrate" von A. Herzfeld und O. Schrefeld, die „Gährungsgewerbe" von M. Delbrück und O. Mohr bearbeitet worden. Von der sorgfältigen Redaktion des Ganzen zeugt auch das nicht weniger als 52 Seiten umfassende Sachregister. Bas Buch sei von neuem zur Anschaffung warm empfohlen. *O.*

Programm-Abhandlungen.

Die Entwickelung des physikalischen Unterrichts an unseren höheren Schulen. Teil I. Von Franz Pahl. Städt. R.-G. zu Charlottenburg, Ostern 1902. Pr.-No. 112a. 30 S.

Der Verfasser führt seine Darstellung in diesem ersten Teil bis zum Ende des siebzehnten Jahrhunderts. Vor dem dreißigjährigen Kriege ist die Schule zu Ilfeld die einzige, an der etwas Physik gelehrt wurde, da an ihr Michael Neander, der Verfasser eines Lehrbuchs der Physik auf aristotelischer Grundlage (1591), tätig war. Der Aufschwung der Experimentalwissenschaft im 17. Jahrhundert, den der Verfasser in gedrängter Übersicht (S. 11—17) darstellt, zeigt dagegen seine Wirkung auch in den Bestrebungen des Ratich und Comenius (vergl. d. Zeitschr. *V 213*). Von des letzteren Physik (1633) gibt der Verfasser eine genaue Inhaltsübersicht, bemerkt aber, es lasse sich nicht nachweisen, daß dies Buch irgendwo einem Unterricht in dieser Disziplin zu Grunde gelegt worden sei. Überhaupt hat sich nur an zwei Schulen ein besonderer Physikunterricht in jenem Jahrhundert feststellen lassen: am Johanneum zu Hamburg, wo die Kompendien des dortigen Mathematiklehrers Adolf Tasse über Statik und Optik in Gebrauch waren, und am St. Ägidiengymnasium in Nürnberg, wo die deutsch geschriebene Mathesis juvenilis des Altdorfer Professors Sturm als Lehrbuch diente. Interessante Mitteilungen aus dem Inhalt beider Bücher bilden den Schluß der Abhandlung. *P.*

Aufgaben über die Grundlehren der Astronomie. Von Franz Ferdinand Schönberger. Deutsche Landes-O.-R. in Brünn, Jahresbericht für das Schuljahr 1901/02. 25 S.

Die Sammlung entspricht hauptsächlich dem Lehrplan der VII. Klasse der österr. Realschulen, sie enthält 425 Aufgaben, z. T. allerdings Parallelaufgaben in reichlicher Menge und ist in folgende Abschnitte geordnet: Orientierung am Himmel, Größe der Erde, Achsendrehung der Erde, Ekliptik, Koordinaten und scheinbare Bewegung der Sonne, Zeit und Zeitrechnung, Entfernung der Sonne, Planetenbewegung, Keplers Gesetze und Newtons Gesetz, Mond, Präcession, Dämmerung. Erfreulich ist eine größere Zahl von historischen Aufgaben, sowie auch eingestreute Denkfragen. Die Sammlung, der auch die Resultate beigegeben sind, ist mit Sorgfalt zusammengestellt und kann manchem Fachlehrer von Nutzen, wie auch dem Unterricht förderlich sein. *P.*

Anwendung der sphärischen Trigonometrie und der Koordinatengeometrie für den Unterricht in der mathematischen Geographie an höheren Lehranstalten, besonders an Gymnasien. Von Prof. Karl Graßmann. G. Königsberg i. d. N., Ostern 1902. Pr.-No. 79. 36 S.

Die Abhandlung enthält eine etwas breite Entwickelung der Grundformeln und Rechenmethoden der sphärischen Trigonometrie und erörtert dann die Behandlung einfacher Aufgaben, wobei vielfach an die astronomische Geographie von Martus angeknüpft wird. Die Aufgaben über die Sonnenbewegung werden durch Ausführungen über die Berechnung der Dämmerungszeit ergänzt. Empfohlen wird mit Rücksicht auf die Nautik besonders die Aufgabe, aus zwei am selben Tage gemessenen Sonnenhöhen die Polhöhe und die mittlere Ortszeit zu ermitteln. Mit Hilfe der Koordinatengeometrie wird die Aufgabe gelöst, die scheinbare Größe der Sonne für eine gegebene Anomalie des Radiusvektors zu berechnen, wenn die scheinbaren Größen in der kleinsten und größten Entfernung von der Erde gegeben sind. Die Übereinstimmung des berechneten Werts mit dem im nautischen Jahrbuch angegebenen kann als eine Bestätigung des 1. Keplerschen Gesetzes betrachtet werden. Die andere

vom Verf. mitgeteilte Aufgabe, die Exzentrizität der Meridianellipse der Erde aus zwei Krümmungsradien und den zugehörigen Polhöhen zu berechnen, ist für Gymnasien zu kompliziert; dagegen könnten sehr einfache Berechnungen über geozentrische Breite, Lotabweichung u. dergl. als Anwendungen der Koordinatengeometrie zugefügt werden. Die beigegebenen Figuren sind zum Teil recht unzweckmäßig gezeichnet. *P.*

Über die Unfälle beim chemischen Arbeiten. Erste Hälfte. Von Karl Egli in Zürich. Beilage zum Programm der Kantonsschule Zürich, 1902. 32 S.

Wir haben es im vorliegenden mit einer außerordentlich verdienstlichen Arbeit zu tun. Es wird zunächst eine große Anzahl charakteristischer Unfälle, wie sie sich beim chemischen Arbeiten zu Lehr-, Lern- und Forschungszwecken tatsächlich ereignet haben, näher beschrieben — Unfälle in der Technik sind mit Recht nur gestreift. Hierbei wird auch der Forscher gedacht, die als Opfer der Wissenschaft ihr Leben verloren oder sonst schwere Verletzungen davontrugen — eine zwar kurze, aber historisch wertvolle Zusammenstellung. Es werden sodann mehrfach Maßregeln für die Prophylaxe aufgestellt (S. 8 u. 22); hierbei hätte auch auf die Nützlichkeit von Vorproben mit ganz geringen Stoffmengen hingewiesen werden können. In einem weiteren „speziellen“ Abschnitt werden 1. „Mechanische Verletzungen“, 2. „Verbrennungen und Verätzungen“ systematisch behandelt, wobei die wichtigsten chemischen Reagentien unter Berücksichtigung besonderer Wirkungen und Gefahren der Reihe nach durchgegangen werden. Auch einiger eigentümlicher Gefahren, z. B. selbst beim Goldschmidtschen Thermitverfahren und bei Versuchen mit flüssiger Luft, wird gedacht. Ferner wird kurz auf die „Selbstentzündungen“ (S. 31) eingegangen; nicht berücksichtigt sind hierbei die allerdings mehr in letzter Zeit erst beobachteten Fälle von Selbstentzündung bei Bomben mit komprimiertem Sauerstoff (vergl. ds. Zeitschr. *XV 226*). Sonst findet sich aber in der Arbeit eine Fülle von wertvollen Beobachtungen und praktischen Winken niedergelegt, und man darf mit Recht auf den zweiten Teil, der die „Vergiftungen“ und „Explosionen“ behandeln wird, gespannt sein. Wir möchten den Wunsch aussprechen, daß nach Schluß der Arbeit ein Exzerpt mit ganz kurzgefaßten Warnungen, Vorsichts- und Gegenmaßregeln u. s. w. herausgegeben würde, das man für die Hand jedes Schülers, der mit praktischen Arbeiten betraut wird, gewiß ganz allgemein empfehlen könnte, zumal die Absicht des Ganzen dahin geht, nicht Angst zu machen, sondern zu beruhigen. *O.*

Versammlungen und Vereine.

V. Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen in Frankfurt a. M.

An dem unter Leitung des Herrn Direktors Dr. Bode vom 6. bis 18. Oktober 1902 abgehaltenen naturwissenschaftlichen Ferienkursus beteiligten sich 44 Herren aus allen Provinzen der Monarchie und ein Herr aus dem Herzogtum Anhalt.

Herr Dr. Déguisne behandelte in 6 × 2 Stunden die Elemente der Gleichstromtechnik, ähnlich wie bei dem III. Kursus (vergl. Jahrgang XII d. Zeitschr. S. 119), widmete aber zum Schluß den magnetischen Kraftlinien, den magnetischen Feldern von Stromleitern und den Analogien zwischen elektrischem Strom und Kraftlinienfluß eine eingehendere Besprechung als damals. An diese Vorlesung schlossen sich in üblicher Weise unter Leitung von Herrn Dr. Déguisne und 4 Assistenten elektrotechnische Übungen, an denen sich wegen Raummangels nur 20 Herren in 4 Gruppen beteiligen konnten.

Herr Prof. Hartmann sprach in 2 × 2 Stunden über die verschiedenen Arten von Elektrizitätszählern: elektrolytische, Pendelzähler, Motorzähler und Reversierzähler und illustrierte seinen Vortrag durch instruktive Zeichnungen und Vorzeigung der meisten bisher konstruierten Formen von Zählapparaten.

Herr Prof. Dr. Epstein beschrieb die Fabrikation einer Dynamomaschine vom ersten Entwurf bis zur Fertigstellung für den Gebrauch und gab dadurch die beste Vorbereitung für die sich anschließende Besichtigung der Werke der Elektrizitäts-A.-G. vorm. Lahmeyer & Co.

Herr Dr. Behn hielt einen zweistündigen Vortrag über photochemische Reproduktionsverfahren. Er sprach zunächst über die Herstellung der hierfür geeigneten Negative und erläuterte dann unter Vorführung von Projektionsbildern und Platten die für die verschiedenen Arten des Tiefdrucks, Hochdrucks und Flachdrucks anzuwendenden Operationen. Zur Veranschaulichung des Chromgelatineverfahrens wurde ein Pigmentdruck entwickelt. — In einer vierstündigen Vorlesung behandelte derselbe die neuesten Ergebnisse auf dem Gebiet der Gasverflüssigung. Neben den Versuchen mit flüssiger Luft erregten besonderes Interesse einige auch für die Schule geeignete Experimente, z. B. die direkte Veranschaulichung der Druckkurve eines Gases mit Hilfe eines mit dem durchbohrten Druckkolben verschiebbaren Quecksilbermanometers, die Demonstration der Verdampfung von Alkohol und Äther im lufterfüllten Raum, endlich die Vergasung und Verflüssigung von Äther in einer zuge-

schmolzenen Glasröhre als Ersatz für den entsprechenden Versuch mit der teuren und nicht ungefährlichen Kohlendioxydröhre. — In einer zweistündigen Vorlesung führte Herr Dr. Behn neuere Schulversuche und Apparate vor, darunter eine empfindliche Methode, mittels kleiner Gasflammen die Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe zu zeigen, einen experimentellen Beweis, daß bei der Minimalstellung eines Prismas der Lichtstrahl dasselbe symmetrisch durchläuft, die Herstellung eines Spektrums durch ein sehr preiswertes Rowlandsches Gitter von Th. Thorp in Whitefield bei Manchester, einen einfachen Apparat zur Erzeugung der Newtonschen Ringe.

Herr Prof. Dr. Freund gab in 3 × 2 Stunden eine Einführung in die wissenschaftlichen Grundlagen der Elechtrochemie. Nach einer Darstellung der Ionentheorie und des Massenwirkungsgesetzes erklärte er auf Grund der gewonnenen Anschauungen gewisse chemische Reaktionen, insbesondere Fällungsreaktionen, das Verhalten gesättigter Lösungen, Hydrolyse und die Theorie der Indikatoren. — In weiteren 2 Stunden besprach er die technische Herstellung von synthetischem Indigo und das Kontaktverfahren zur Fabrikation der Schwefelsäure.

Ein zweistündiger Vortrag des Herrn Prof. Dr. Lepsius über Sodabereitung war für den Schulmann, der nur zu leicht geneigt ist, ausschließlich den wissenschaftlichen Grundlagen technischer Verfahren Beachtung zu schenken, besonders dadurch lehrreich, daß er die wirtschaftlichen Gesichtspunkte in ihrer ausschlaggebenden Bedeutung für die Entwickelung und Ausdehnung der verschiedenen Prozesse hervorhob.

Herr Prof. Dr. Schauff gab Winke für den petrographischen Unterricht in Schulen. Er zeigte, wie sich die Schwierigkeiten in der unterrichtlichen Behandlung der Eruptivgesteine dadurch wesentlich vermindern lassen, daß man nicht, wie es meist geschieht, vom Granit, sondern von den jungen vulkanischen Gesteinen ausgeht und zunächst diese nach ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung, ihrer Struktur und Entstehung eingehend bespricht. Die älteren Gesteine stellen sich dann, wie Melaphyr und Diabas, einfach als ältere, zum Teil zersetzte Basalte dar oder erweisen sich, wie Gabbro und Granit, durch Fehlen von Glas und Gaseinschlüssen, sowie durch körnige Struktur als Tiefengesteine; und ähnlich entsprechen den jüngeren Gläsern Obsidian und Pechstein, den älteren Rhyolith und Quarzporphyr. Die Kontaktmetamorphose beruht auf dem physikalischen Prozeß der Umkrystallisation. Auf die Entstehung der krystallinischen Schiefer wird der Unterricht füglich nicht eingehen, weil diese Frage noch nicht hinreichend wissenschaftlich geklärt erscheint.

In den für Mitteilungen der Teilnehmer festgesetzten Stunden sprach Prof. Dr. Hof-Witten über Preßstücke aus Metallklein als neue physikalische Lehrmittel, Prof. Kirmis-Neumünster über Betätigung des Naturwissenschaftlers in der Antiquitätenkunde und Prof. Schülke-Osterode i. Ostpr. über Modelle von Dach- und Brückenkonstruktionen als Lehrmittel, sowie über Verwendung vierstelliger Logarithmen im physikalischen und mathematischen Unterricht.

Besichtigt wurden die Höchster Farbwerke, die elektrotechnische Fabrik Hartmann & Braun, die Werke der Elektrizitäts-A.-G. vorm. Lahmeyer & Co., das städtische Elektrizitätswerk und die Umformerstation, die Sammlungen der Senckenbergischen Gesellschaft, die Einrichtungen und Sammlungen für naturwissenschaftlichen Unterricht an der Klinger-Oberrealschule und der Musterschule. Im Physikzimmer der Klinger-Oberrealschule führte Herr Direktor Bode Projektionsbilder zur Veranschaulichung der Entwickelung wichtiger Apparate und eine objektive, zu Messungen geeignete Darstellung von Beugungserscheinungen, Herr Obl. Dr. Reinhardt einen Klingerfußschen Funkeninduktor vor. Im Hörsaal der Senckenbergischen Gesellschaft hatten mehrere Frankfurter Firmen eine Ausstellung von Lehrmitteln veranstaltet.

Außer zwei der Erholung gewidmeten Ausflügen nach der Saalburg und in den Odenwald wurde eine geologische Exkursion in das Hanauer Becken unternommen, deren Führung an Stelle des inzwischen erkrankten Herrn Prof. Schauff der Königl. Landesgeologe Herr von Reinach gütigst übernahm. Sie galt den Talterrassen des diluvialen Mainstroms und den durch ein Braunkohlenflöz getrennten Basaltlagern von Dittersheim und Klein-Steinheim. *Höhnemann*, Landsberg a/W.

Mitteilungen aus Werkstätten.

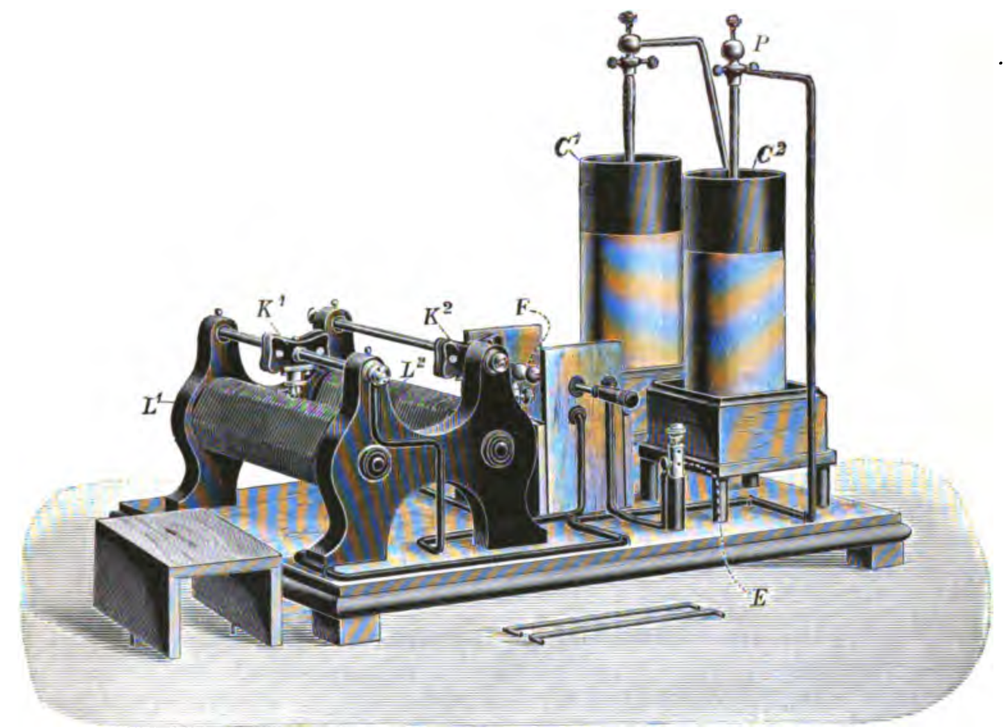
Universal-Instrumentarium nach Seibt-Ernecke

zur Demonstration der Resonanz elektrischer Schwingungen u. s. w.

Von Ferdinand Ernecke in Berlin SW.

Über das diesem Instrument zugrundeliegende Prinzip ist bereits in ds. Zeitschr. XV 352 berichtet worden. Die hauptsächlichsten Teile des Apparates sind: Erstens ein sogenannter Thomsonscher Schwingungskreis, bestehend aus den beiden Leydener Flaschen C_1 und C_2, der Funkenstrecke F und den beiden regulierbaren Selbstinduktionsspulen L_1 und L_2, die aus dickem Kupfer-

draht, welcher auf Porzellanträger spiralförmig aufgewickelt ist, bestehen. Die auf den Kupferspulen schleifenden Kontakte K_1 und K_2 wurden, da im Betriebe ein leichtes Verschmelzen der Berührungsstellen eintrat, in Form von Rollen ausgebildet. Zweitens eine Seibtsche Resonanzspule (in der Figur nicht dargestellt), die für die Versuche an die eine Belegung der Leydener Flaschen bei P angeschlossen wird. Die beiden Leydener Flaschen können durch kurze Kupferbügel in Reihe oder parallel geschaltet werden (die Bügel für Parallelschaltung liegen in der Figur vor dem Apparate). Die Funkenstrecke ist leicht verstellbar und zwar auch während des Betriebes, da die Klemme E mit der Erde (Wasser- oder Gasleitung) verbunden wird. Um das Licht und das knatternde Geräusch der Funkenstrecke zu dämpfen, wird dieselbe mit einem Holzdeckel verschlossen. Sämtliche Teile, mit Ausnahme der Resonanzspule, sind in kompendiöser Weise auf einem massiven Grundbrett vereinigt.



Der Apparat zeigt in Verbindung mit einem Induktorium von 20—30 cm Schlagweite die a. a. O. angegebene Wirkungsweise. 1. Zur Demonstration der Resonanz verbindet man zwei kleine Spulen von verschiedener Windungszahl mit dem Punkte P, während die Leydener Flaschen in Reihe geschaltet sind. Bei richtiger Einstellung des Rollenkontaktes zeigt die abgestimmte Spule am oberen Ende eine lebhafte Entladungserscheinung, während die andere dunkel bleibt. 2. Die Teslaversuche lassen sich mittels der veränderlichen Selbstinduktion mit Leichtigkeit auf den Maximaleffekt bringen. 3. Zur objektiven Darstellung der elektrischen Wellen in Spulen werden Spulen von ca. 2 m Länge benutzt, denen parallel ein geerdeter Draht gespannt ist. 4. Daß die Abstimmung in der Funkentelegraphie sich ebenfalls mit dem Apparate demonstrieren läßt, geht aus dem a. a. O. Gesagten hervor. Weitere Versuche sind in dem Prospekt der Firma angegeben.

Der Preis des abgebildeten „Thomsonschen Schwingungskreises" ist M 180, einer Resonatorspule von 2 m Länge nebst verschiebbarem parallelen Stahldraht M 68, zwei kleinerer Spulen M 36. Weitere Nebenapparate sind 2 Stimmgabeln zur Erläuterung der Resonanz, Vakuumröhre und Extraspulen für besondere Versuche.

Korrespondenz.

Über die sogenannte Gleichwertigkeit des ptolemäischen und des koppernikanischen Systems schreibt uns Herr Prof. Theodor Häbler in Grimma:

„In einem der letzten Hefte dieser Zeitschrift (S. 308 des vorigen Jahrgangs) wendet sich der Herr Herausgeber mit Recht gegen den Ausspruch eines Lehrbuchs, der Vorzug des koppernikanischen Systems gegenüber dem ptolemäischen sei nur die größere Einfachheit. Wenn diese Anschauung bereits in Schulbücher eindringt, so ist es in der Tat Zeit ernstlich Einspruch dagegen zu erheben.

Obwohl ich mich schon einmal darüber ausgesprochen habe[1]), möchte ich nochmals mit einigen Worten darauf zurückkommen und so dazu beitragen, daß der der genannten Anschauung zu Grunde liegende richtige Gedanke auf seinen wahren Wert zurückgeführt wird. Er besteht, wenn wir uns auf die Revolution beschränken, also von der Rotation absehen, in der Überlegung, daß die Sonne nicht notwendig als Mittelpunkt für die Bewegungen der Himmelskörper zu nehmen sei; man könne sich, so meint man, wegen der Relativität aller Bewegungen auch die Erde oder etwa einen Jupitermond als Anfangspunkt eines Koordinatensystems denken, auf das alle Bewegungen bezogen werden.

Daß diese Möglichkeit in der Idee vorhanden ist, muß zugegeben werden. Trotzdem sind die beiden Systeme noch nicht gleich richtig; denn mit der Wahl des Punktes, auf den die Bewegungen bezogen werden, ist der Inhalt der Systeme nicht erschöpft. Nach Ptolemäus hat die Erde immer dieselbe Entfernung von den Fixsternen; nach Koppernikus hat im Laufe des Jahres die Sonne immer dieselbe Entfernung von den Fixsternen, während Erde und Fixsterne ihre gegenseitige Lage in jährlichem Wechsel ändern. Nun haben wir in den Fixsternparallaxen und der Aberration des Fixsternlichtes Mittel, um zwischen den beiden Annahmen die Entscheidung zu treffen; diese Erscheinungen sind nur mit der koppernikanischen Lehre vereinbar, die ptolemäische ist also falsch.

Daneben bleibt bestehen, daß man in der Idee auch die Erde als Koordinatenanfang nehmen könnte, auf den die Bewegungen bezogen werden; es handelt sich aber dabei um eine bloß formale Möglichkeit, die mit dem Wesen der Sache, das klar vor uns liegt, nichts zu tun hat und deren Verkündigung eigentlich nur einen Zweck hätte, wenn die ungeheure Umwälzung wieder rückgängig gemacht werden sollte, die Koppernikus in der Weltanschauung der Menschen hervorbrachte, indem er die Erde zu einem Stern gleich den andern Planeten werden ließ; aber so etwas beabsichtigt niemand, am allerwenigsten die strengen Vertreter der Relativität aller Bewegungen.

Etwas anders als bei der Revolution liegt die Sache bei der Rotation, doch verzichte ich darauf, mich hierüber nochmals zu äußern.“

Auf die im Vorstehenden erörterte Streitfrage wird in der Zeitschrift noch des weiteren zurückzukommen sein. *D. R.*

Zu der diesem Hefte beigefügten astronomischen Tafel von Prof. M. Koppe wird diesmal keine Erklärung gegeben, wir verweisen vielmehr auf die in früheren Jahren gegebenen Erläuterungen. Dagegen wird eine ausführlichere, auch für die Hand der Schüler bestimmte elementare Gebrauchsanweisung im Laufe des Januar von der Verlagsbuchhandlung besonders ausgegeben werden.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

Leo Königsberger, Hermann von Helmholtz. I. Band, mit 3 Bildnissen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1902. 375 S. M 8, geb. M 10 und M 12. — **A. J. von Öttingen,** J. C. Poggendorffs biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissensch. IV. Bd., Lief. 4 und 5. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1902. à M 3. — **Ostwalds Klassiker** der exakten Wissensch. Nr. 131. Experimental-Untersuchungen über Elektrizität von Michael Faraday. XIV. u. XV. Reihe. 1838. 48 S. M 0,80. Nr. 132. Über die Kontinuität der gasförmigen und flüssigen Zustände der Materie und über den gasförmigen Zustand der Materie von Th. Andrews. 81 S. M 1,40. — **J. M. Pernter,** Meteorologische Optik, II. Abschn., S. 55—212. Wien u. Leipzig, Wilh. Braumüller, 1902. M 4,20. — **Walther Ludwig,** Die Horopterkurve mit einer Einleitung in die Theorie der kubischen Raumkurve. Halle a. S.. Martin Schilling, 1902. 36 S. — **A. Kirschmann,** Die Dimensionen des Raumes, eine kritische Studie. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1902. 112 S. M 2. — **Viktor Grünberg,** Zur Theorie der mikroskopischen Bilderzeugung. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1903. 90 S. M 3. — **Wilhelm Manchot,** Das Stereoskop. Mit 50 Figuren. Leipzig, Veit & Comp., 1903. 68 S. M 1,80. — **Harald Schütz,** Die Lehre von dem Wesen und den Wanderungen der magnetischen Pole der Erde. Mit 4 Tabellen und 5 kartographischen Darstellungen. Berlin, Dietrich Reimer, 1902. 76 S. M 10. — **Boris Weinberg,** L'enseignement pratique de la physique dans 206 laboratoires de l'Europe etc. Odessa, Imprimerie Economique, 1902. 126 S. — **Rich. Herm. Blochmann,** Licht und Wärme, gemeinfaßlich dargestellt. Leipzig, Carl Ernst Poeschel, 1902. 272 S. M 3,80. — **Koppe-Husmann,** Anfangsgründe der Physik. I. Teil, vorbereitender Lehrgang, 6. Auflage. Mit 176 Holzschnitten. Essen, G. D. Baedeker, 1903. Geb. M 2,20. — **Wilh. Ostwald,** Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Bd. II, Teil II: Verwandtschaftslehre, I. Teil. Schlußlieferung. 2. Auflage. Leipzig, W. Engelmann, 1902. M 9. — **Lothar Meyers** Grundzüge der theoretischen Chemie. 3. Aufl., neu bearbeitet von E. Rimbach. Leipzig, Breitkopf & Härtel, 1902. 253 S. M 5. — **F. P. Treadwell,** Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie

[1]) Progr.-Abh. d. Fürstenschule zu Grimma 1898, S. 23—26, *vergl. d. Zeitschr. XII 39.*

in zwei Bänden. II. Quantitative Analyse. Mit 96 Abbildungen. 2. verm. u. verb. Aufl. Leipzig u. Wien, Franz Deuticke, 1902. 568 S. M 11. — **S. Levy,** Anleitung zur Darstellung organisch-chemischer Präparate. 4. verb. u. erweit. Aufl. von A. Bistrzycki. Mit 40 Holzschnitten. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1902. Geb. M 4,20. — **Karl Hofmann,** Die radioaktiven Stoffe nach dem gegenwärtigen Stande der wissenschaftlichen Erkenntnis. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1903. 54 S. M 1,60. — **Felix B. Ahrens,** Einführung in die praktische Chemie. Unorganischer Teil 160 S. mit 24 Illustr. Organischer Teil 144 S. mit 22 Illustr. Stuttgart, Ernst Heinrich Moritz. à M 1. — **Alfred Loepper,** Das Studium der Chemie, nebst Prüfungsordnungen u. s. w. (Chem. Techn. Bibl. Bd. 262). Wien, Pest, Leipzig, A. Hartleben. 70 S. M 1,50. — **H. Vieweger,** Aufgaben nebst Lösungen aus dem Gebiete der Gleich- und Wechselstromtechnik. Mit 158 Textfiguren u. 2 Tafeln. Mittweida i. Sa., Polytechn. Buchh., 1902. 272 S. Geb. M 5,50. — **Ludwig Rellstab,** Das Fernsprechwesen. Sammlung Göschen, No. 155. Mit 47 Fig. und 1 Tafel. 127 S. M 0,80. — **O. Dietrich Veit,** Siebenstellige Logarithmen und Antilogarithmen aller vierstelligen Zahlen und Mantissen, mit Randindex und Interpolations-Einrichtung für 4—7stelliges Schnellrechnen. Berlin, Julius Springer, 1903. Geb. M 3.

Sonderabdrücke: Bericht über die internationale Experten-Konferenz für Wetterschießen in Graz. Jahrb. d. k. k. Zentralanstalt f. Met. u. Erdmagn. Jahrg. 1902, Anhang. 154 S. — Protokoll der luftelektrischen Kommission der Deleg.-Versammlung der Kartell. Akad. zu Göttingen 1902. 8 S.

Himmelserscheinungen im Februar und März 1903.

Vorbemerkungen.

0^h = Mitternacht, 12^h = Mittag. Die Stunden unter 12^h entsprechen dem Vormittage, solche von 12^h bis 23^h dem Nachmittage. Die Aufgangs- und Untergangszeiten der Gestirne beziehen sich auf den Parallel von Berlin, sind aber mittlere Ortszeiten, müssen also zur Verwandlung in mitteleuropäische Zeiten (M.E.Z.) noch durch Anbringung der Zeitdifferenz gegen den mitteleuropäischen Meridian (Stargard) korrigiert werden. Geht also z. B. die Sonne am 4. Februar um $7^h 41^m$ auf, so gilt dies für alle Orte des Parallels von Berlin als mittlere Zeit, die mitteleuropäische Aufgangszeit ist aber für Berlin $7^h 41^m + 6^m,4 = 7^h 47^m,4$, für Hannover $7^h 41^m + 21^m,1 = 8^h 2^m,1$, für Posen $7^h 41^m - 7^m,7 = 7^h 33^m,3$. Für Orte nördlich (oder südlich) vom Berliner Parallel gelten die angegebenen Zeiten nur angenähert, da für diese natürlich der Sonnenaufgang (und Untergang) im Sommer etwas früher (bezw. später), im Winter etwas später (bezw. früher) stattfindet als in Berlin. — Absolute Phänomene (Jupitertrabantenverfinsterungen), Mondfinsternisse und Mondphasen, Minima veränderlicher Sterne) sind in M.E.Z. angegeben. Verfinsterungen der Jupitertrabanten und Algol-Minima werden nur dann angegeben, wenn dieselben vor Mitternacht in Mitteldeutschland sichtbar sind, es bedeutet dabei E die Zeit des Eintritts, A diejenige des Austritts aus dem Schatten, während die Nummer des betr. Trabanten durch die römische Ziffer angegeben wird. Wer ausführlichere astronomische Angaben, insbesondere auch über veränderliche Sterne, zu erhalten wünscht, sei auf das „Annuaire“ verwiesen, das vom Bureau des longitudes alljährlich herausgegeben wird und für 1 fr. 50 cm. bei Gauthier-Villars in Paris zu beziehen ist.

Einem uns von geschätzter Seite geäußerten Wunsche entsprechend, schicken wir den „Himmelserscheinungen“ der einzelnen Monate eine Übersicht über die heliozentrischen Koordinaten der Planeten und die auf das Äquinoktium sich beziehenden Daten für 1903 voraus.

Heliozentrische Koordinaten (Länge und Breite) der Planeten von 30 zu 30 Tagen.

1903	☿		♀		♁	♂		♃		♄	
Jan. 5	336°,2	— 6°,6	305°,2	— 2°,6	104°,0	150°,9	+ 1°,8	325°,8	— 0°,9	299°,7	— 0°,3
Febr. 4	142,9	+ 7,0	352,7	— 3,4	134,5	164,0	+ 1,7	328,5	— 1,0		
März 6	248,6	— 2,6	40,5	— 2,0	164,7	177,2	+ 1,4	331,2	— 1,0		
April 5	344,8	— 6,2	88,8	+ 0,8	194,5	190,7	+ 1,1	333,9	— 1,1	302,4	— 0,4
Mai 5	153,0	+ 6,7	137,5	+ 3,0	223,8	204,5	+ 0,8	336,6	— 1,1		
Juni 4	254,2	— 3,2	186,2	+ 3,2	252,7	218,9	+ 0,3	339,3	— 1,1		
Juli 4	353,9	— 5,6	234,3	+ 1,2	281,3	233,9	— 0,2	342,0	— 1,2	305,2	— 0,5
Aug. 3	162,5	+ 6,3	281,9	— 1,5	310,0	249,7	— 0,7	344,7	— 1,2		
Sept. 2	259,8	— 3,8	329,4	— 3,3	338,8	266,3	— 1,1	347,4	— 1,2		
Okt. 2	3,6	— 4,8	17,1	— 2,9	8,1	283,8	— 1,5	350,1	— 1,2	308,0	— 0,6
Nov. 1	171,3	+ 5,8	65,1	— 0,6	37,9	302,1	— 1,8	352,9	— 1,3		
Dez. 1	265,4	— 4,3	113,6	+ 2,1	68,1	320,8	— 1,8	355,6	— 1,3		
Dez. 31	13,9	— 3,9	162,3	+ 3,4	98,6	339,9	— 1,7	358,4	— 1,3	310,7	— 0,8

Mittlere Schiefe der Ekliptik für 1903,0: 23° 27′ 6″,60. — Durchgang der Sonne durch das

Frühlingsäquinoktium	Sommersolstitium	Herbstäquinoktium	Wintersolstitium
März 21, $20^h 15^m$ M.E.Z.	Juni 22, $16^h 5^m$	Sept. 24, $6^h 44^m$	Dez. 23, $1^h 20^m$.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

	Februar					März						
	4	9	14	19	24	1	6	11	16	21	26	31
☿ AR	$20^h 46^m$	20.27	20.21	20.27	20.41	21. 2	21.26	21.52	22.20	22.50	23.21	23.53
☿ D	−21°	−20°	−20°	−18°	−18°	−17°	−16°	−15°	−13°	−10°	− 7°	− 3°
♀ AR	$22^h 13^m$	22.36	23. 0	23.23	23.45	0. 8	0.30	0.53	1.15	1.38	2. 1	2.24
♀ D	−13	−10	− 8	− 5	− 3	− 0	+ 2	+ 5	+ 7	+10	+12	+14
☉ AR	$21^h 8^m$	21.28	21.48	22. 7	22.26	22.45	23. 4	23.22	23.41	23.59	0.17	0.35
☉ D	−16	−15	−13	−12	−10	− 8	− 6	− 4	− 2	− 0	+ 2	+ 4
♂ AR	$13^h 0^m$	13. 3	13. 4	13. 5	13. 4	13. 2	12.59	12.55	12.50	12.43	12.36	12.29
♂ D	− 3	− 3	− 3	− 3	− 3	− 3	− 3	− 2	− 2	− 1	− 0	+ 0
♃ AR		22. 0		22. 9		22.18		22.27		22.36		22.45
♃ D		−13		−12		−11		−11		−10		− 9
♄ AR	$20^h 17^m$					20.28						
♄ D	−20					−19						
☉ Aufg.	$7^h 41^m$	7.32	7.23	7.13	7. 2	6.51	6.40	6.29	6.17	6. 5	5.53	5.42
☉ Unterg.	$16^h 48^m$	16.57	17. 7	17.16	17.26	17.35	17.44	17.53	18. 2	18.11	18.20	18.29
☾ Aufg.	$10^h 9^m$	14.12	20.44	1.19	5.12	7.23	10. 4	15.41	21.57	1.50	4.38	6.47
☾ Unterg.	—	5. 5	8. 5	10.30	14.40	20.12	0.54	5. 4	7.25	10.37	15.40	21.34
Sternzeit im mittl. Mittg.	$20^h 53^m 45^s$	21.13.28	21.33.11	21.52.53	22.12.36	22.32.19	22.52. 2	23.11.44	23.31.27	23 51.10	0.10.53	0.30.35
Zeitgl.	$+14^m 1^s$	+14.22	+14 23	+14. 6	+13.32	+12.43	+11.40	+10.26	+ 9. 4	+ 7.36	+ 6. 5	+ 4.34

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
Mondphasen in M.E.Z.	Febr. 27, $11^h 20^m$ März 29, $2^h 26^m$	Febr. 5, $11^h 13^m$ März 6, $20^h 14^m$	Febr. 12, $1^h 58^m$ März 13, $13^h 13^m$	Febr. 19, $7^h 23^m$ März 21, $3^h 8^m$

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Februar	unsichtbar	Abendstern, zuletzt 1½ Std. lang sichtbar	fast die ganze Nacht hindurch sichtbar	unsichtbar	unsichtbar
im März	unsichtbar	die Dauer der Sichtbarkeit steigt bis auf 2¼ Stunden	die ganze Nacht hindurch sichtbar; Oppos. am 29.	unsichtbar	wird morgens im SO für kurze Zeit sichtbar

Ringförmige Sonnenfinsternis am Morgen des 29. März, in Berlin unsichtbar.

Sternbedeckungen für Berlin:

Febr. 9. λ Geminor. Eintritt: $16^h 58^m$,1 M.E.Z. Q = 82°, Austritt: $17^h 55^m$,9, Q = 285°
März 10. α Cancri. Eintritt: $18^h 7^m$,5 - Q = 68°, Austritt: $19^h 1^m$,1, Q = 319°

Q bedeutet den vom nördlichsten Punkt des Mondrandes über Ost gezählten Positionswinkel des Sterns beim Eintritt bezw. Austritt.

Das **Zodiakallicht** ist im Februar am Abendhimmel besonders deutlich sichtbar.

Veränderliche Sterne: Febr. 1, $19^h 6^m$ M.E.Z. δ Librae-Min. — 2, $21^h 14^m$ Algol-Min. — 4, 20^h δ Cephei-Max. — 5, R Lyrae-Min. — 8, $18^h 40^m$ δ Librae-Min. — 13, 20^h ζ Gemin.-Min. — 13, 23^h δ Cephei-Min. — 15, $18^h 14^m$ δ Librae-Min. — 18, 20^h ζ Gemin.-Max. — 20, 22^h δ Cephei-Max. — 22, $22^h 57^m$ Algol-Min. — 23, 23^h ζ Gemin.-Min. — 25, $19^h 46^m$ Algol-Min. — 28 R Lyrae-Max. — März 12, 19^h δ Cephei-Max. — 17, $21^h 29^m$ Algol-Min. — 23 R Lyrae-Min. — 25 η Gemin-Min. — 28, 21^h δ Cephei-Min. — 31, $23^h 31^m$ δ Librae-Min.

Dr. F. Körber.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift

Fuhrmann
Andromeda
Perseus
Triangel
Zwillinge
Stier
Widder
Fische
Kleiner Hund
Orion
Walfisch
Äquator
Eridanus

I. Tier

Örter

(Int

Zeit

Juli VII
Juni VI
Mai V
April IV
März III

I ⊙

II. Halb

Polh

Kulmi

II ½ T. α

IIa. Halb

Polhöh

Kulmin

IIa. ½ T. α

III

(In

III ☿

IV. V

IV. ♀

V. M

V ♂

VI. Ju

Uranu

VI. ♃ ♄ ♅ ♆

VI 7 13h
VII 4 20h
VIII 1 3h
VIII 28 10h
IX 24 17h
X 21 24h
XI 18 7h
XII 15 15h
1905
I 11 22h

1903
1904
Perigäum

VII. ☽ 1903 (☽ 1904)

VIII.

Merk

relati

(Inte

Doppe

1902 III 17
1903
1903 X 22

VIII. ☿ ⊙ 1903

♀ ⊙ 1902 und 1903

♀ größter Glanz

Geogr.-lith. Anst. u. Steindr. v. C. L. Keller in Berlin.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XVI. Jahrgang. Zweites Heft. März 1903.

Die Kraftübertragung durch den Flaschenzug unter Berücksichtigung der Reibung.

Von
Dr. E. Grimsehl in Hamburg.

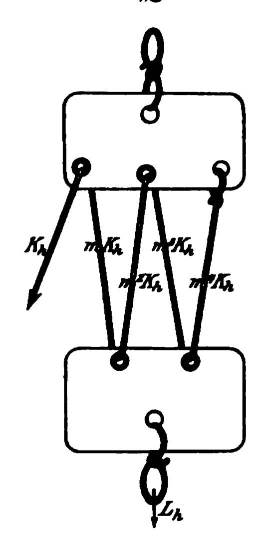
Im vorigen Jahrgange dieser Zeitschrift (S. 138) habe ich auf die Unzulänglichkeit der landläufigen Erklärung der Vorgänge bei der Rolle und dem Flaschenzuge hingewiesen. In der Erwiderung von Herrn F. Reuleaux, welche in ihrem wesentlichen Teile eine volle Bestätigung meiner Ansicht enthält (auf das „Hebelgesetz" hoffe ich demnächst und zwar durchaus im Reuleauxschen Sinne zurückzukommen), findet sich u. a. die Bemerkung, daß bei einer Rolle auf beiden Seiten derselben infolge der auftretenden Reibungswiderstände die Zugspannungen nicht gleich zu sein brauchen, um Gleichgewicht zu erzielen. Diese Tatsache ist hinlänglich bekannt, wird aber im Schulunterricht gar zu wenig, vielleicht garnicht beachtet. Es treten bei jeder durch eine Maschine bewirkten Kraftübertragung Reibungswiderstände auf; trotzdem werden diese Widerstände, mit Ausnahme der gleitenden Reibung bei der „Schiefebene", im Schulunterricht einfach vernachlässigt. Wenn die Physik die Lehre von den Naturerscheinungen sein soll, darf sie nicht dabei stehen bleiben, nur ideale Vorrichtungen zu beschreiben und Gesetze abzuleiten, die sich auf Verhältnisse beziehen, denen der Boden der realen Existenz fehlt. Sie muß vielmehr die Dinge möglichst so behandeln, wie sie uns die Natur liefert. Der Grund, weshalb das nicht geschieht, liegt, abgesehen von der Gewohnheit, darin, daß entweder die Behandlung der ungefälschten Naturerscheinungen vielfache Schwierigkeiten bietet, teilweise aber auch darin, daß man selten ernstlich den Versuch gemacht hat, vermeintliche Schwierigkeiten zu überwinden.

Bei der „Seilmaschine" sind die Verhältnisse so außerordentlich einfach, die Berücksichtigung der Reibung ist so leicht und die berechneten Werte stimmen so tadellos mit den wirklichen Verhältnissen überein, wenn man die Reibung berücksichtigt, daß ich hoffe, einen nicht ganz wertlosen Beitrag zur Schulphysik zu liefern, wenn ich die Berechnung der Kraftübertragung durch die Seilmaschine unter Berücksichtigung der Reibung hier mitteile.

Wenn man ein Seil über eine Gleitvorrichtung (z. B. Rolle oder Porzellanring) führt und dann an beiden Enden des Seiles Kräfte wirken läßt, so muß auf der einen Seite des Seiles die Kraft um einen namhaften Betrag größer sein, als die Kraft (Last) auf der anderen Seite, wenn die Kraft die Last heben soll. Die Differenz der Kräfte auf beiden Seiten wächst mit der Größe der wirkenden Kräfte. Versuche, die bei derselben Gleitvorrichtung und bei demselben Seil, aber mit Kräften verschiedener Größe ausgeführt werden, zeigen, daß der Quotient aus Kraft und Last konstant ist. Dieser Quotient (m) hängt von der Art des benutzten Seiles und von der Art der Gleitvorrichtung ab. Als Beispiele seien erwähnt: Bei einem Hanfseil von 6 mm Durchmesser, das über einen glatten Eisenstab von 10 mm Durchmesser

gehängt und dann auf beiden Seiten so lange mit Gewichten belastet wurde, bis eine gleichmäßige Bewegung des Seiles in der Richtung der stärker ziehenden Kraft eintrat, mußte die kleinere Kraft (Last) gerade halb so groß sein, wie die größere. Dieses Verhältnis blieb konstant innerhalb der Grenzen von 200 g bis 20 kg. Als eine Rolle als Gleitvorrichtung benutzt wurde, stellte sich das Verhältnis 9:10, bei einer anderen Rolle das Verhältnis 28:29 heraus. Das Verhältnis nähert sich umsomehr der Einheit, je geringer die durch die Achsenreibung der Rolle und durch den Biegungswiderstand des Seiles hervorgerufene Reibung ist. In jedem einzelnen Falle war das Verhältnis innerhalb der bei der Beobachtung überhaupt in Frage kommenden Grenzen konstant und unabhängig von der Größe der wirkenden Kräfte.

Es ist nun lehrreich, zu untersuchen, wie sich die Verhältnisse gestalten, wenn man mehrere Rollen oder mehrere Porzellanringe oder dergl. mit Hilfe eines Seiles zu einem „gemeinen Flaschenzuge" kombiniert. Es sei in der Figur ein vierseiliger Flaschenzug schematisch dargestellt. Das eine Ende des Seiles ist an einem Brett festgebunden, und dann ist das Seil abwechselnd durch ein Loch im unteren und oberen Brett geführt. An dem freien Ende des Seiles wirkt eine Kraft K, welche die an dem unteren Brett (der unteren Flasche) angehängte Last L_h heben soll. Die Löcher in den beiden Brettern seien wohl ausgerundet, sie vertreten die Rollen eines gemeinen Flaschenzuges.



Wirkt an dem freien Ende des Seiles die Kraft K_h, so bewirkt dieselbe in dem Augenblicke, wo die Last gehoben wird, eine Spannung $m\,K_h$, wenn m der Reibungsfaktor einer einzelnen Gleitvorrichtung (also in obigen drei Beispielen: $^1/_2$, $^9/_{10}$, $^{28}/_{29}$) ist. Diese Spannung $m\,K_h$ wird auf das nächste Seil übertragen, aber infolge der durch das Loch im unteren Brette verursachten Reibung nur so, daß das nächste Seil die Spannung $m^2\,K_h$ erhält. In derselben Weise wird die Spannung auf das dritte Seil in der Größe $m^3 K_h$, auf das vierte in der Größe $m^4 K_h$ übertragen. Würde ein n seiliger Flaschenzug vorhanden sein, so betrüge die Spannung des $n$ten Seiles $m^n\,K_h$. Die Gesamtwirkung sämtlicher Spannungen ist die Hebung der Last L_h. Hieraus ergibt sich als Bedingungsgleichung für die Hebung der Last

$$L_h = m\,K_h + m^2 K_h + m^3 K_h + \cdots + m^n\,K_h = m \cdot \frac{1 - m^n}{1 - m} \cdot K_h \quad \ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

Soll die Last L_s so groß sein, daß eine Abwärtsbewegung, also Senkung der Last eintreten soll, so tritt erst dann eine Bewegung der Seile und damit des ganzen Flaschenzuges ein, wenn die Spannung der Seile auf der rechten Seite der Figur größer ist als die auf der linken Seite. Die Spannungen betragen jetzt von links nach rechts gelesen

$$\frac{K_s}{m}, \frac{K_s}{m^2}, \frac{K_s}{m^3} \cdots \frac{K_s}{m^n}.$$

Hieraus folgt als Bedingung für das beginnende Sinken der Last

$$L_s = \frac{K_s}{m} + \frac{K_s}{m^2} + \frac{K_s}{m^3} + \cdots + \frac{K_s}{m^n}$$

$$L_s = \frac{1}{m^n} \cdot \frac{1 - m^n}{1 - m} K_s \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

Für den Fall, daß dieselbe Last L zuerst durch eine Kraft K_h gehoben und dann durch die Kraft K_s gesenkt werden soll, ergibt sich durch Gleichsetzung der beiden Werte von L aus Gleichung 1) und 2)

$$K_h \cdot m \cdot \frac{1-m^n}{1-m} = K_s \cdot \frac{1}{m^n} \cdot \frac{1-m^n}{1-m}$$

der Quotient

$$\frac{K_s}{K_h} = m^{n+1} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 3)$$

Diese Gleichung bietet ein bequemes Mittel dar, das Reibungsverhältnis m durch einfache Versuche zu bestimmen. Man beobachtet zuerst, welche Kraft K_h eine beginnende Hebung einer beliebigen Last verursacht und vermindert dann die Kraft bis auf die Größe K_s, bei der die Last zu sinken beginnt. Es ist dann

$$m = \sqrt[n+1]{\frac{K_s}{K_h}},$$

wo n die Anzahl der Seile ist.

Beispiele: 1) $n = 4$ Eisenringe werden zur Zusammensetzung eines gemeinen Flaschenzuges benutzt. Durch einen Versuch mit einem Eisenringe ist der Wert $m = 1/2$ ermittelt. Es ergibt sich

$$L_h = \frac{15}{16} K_h, \quad L_s = 30\, K_s, \quad K_s : K_h = 1 : 32.$$

2) $n = 4$ Rollen, bei denen durch Vorversuche $m = 9/10$ bestimmt wurde, werden zur Zusammenstellung eines Flaschenzuges benutzt

$$L_h = 3{,}10\, K_h, \quad L_s = 5{,}24\, K_s, \quad K_s : K_h = 0{,}59.$$

3) $n = 4$, $m = 28/29$

$$L_h = 3{,}67\, K_h, \quad L_s = 4{,}37\, K_s, \quad K_s : K_h = 0{,}84.$$

4) $n = 4$, $m = 0{,}99$

$$L_h = 3{,}91\, K_h, \quad L_s = 4{,}01\, K_s, \quad K_s : K_h = 0{,}95.$$

5) $n = 10$, $m = 0{,}99$

$$L_h = 9{,}45\, K_h, \quad L_s = 10{,}56\, K_s, \quad K_s : K_h = 0{,}895.$$

Aus den Beispielen 1) bis 4) sieht man, wie mit Verminderung der Reibung sich das Verhältnis $L : K$ immer mehr dem idealen Verhältnisse 4 : 1 nähert. Es ist aber $L_h : K_h$ immer kleiner und $L_s : K_s$ immer größer als dasjenige beim reibungslosen Flaschenzuge.

Aus den Beispielen 4) und 5) ist zu erkennen, wie bei demselben Reibungsquotienten m die Abweichung der realen Verhältnisse von dem reibungslos angenommenen Flaschenzuge mit der Anzahl der Seile wächst.

Erwähnenswert erscheint noch der aus dem ersten Beispiele hervorgehende große Wert von L_s. Aus demselben gewinnt man ein Urteil darüber, mit welch großer Kraft zwei Körper zusammengehalten werden, wenn man sie mit einem Seile viermal umschlingt und wenn man das freie Ende des Seiles mit einer mäßigen Kraft festhält.

Zum Schlusse bemerke ich noch, daß die mit Hilfe der entwickelten Formeln berechneten Werte durch vielfache praktische Versuche bestätigt sind. Auch bei den von den Schülern bei ihren praktischen Übungen gemachten Beobachtungen, bei

denen entweder der Reibungsquotient *m* aus Versuchen mit einzelnen Seilen oder mit Hilfe der Gleichung 3) bestimmt war, wichen die beobachteten Werte von den berechneten um nicht mehr als 2 % ab. Dabei wurden Flaschenzüge benutzt, die aus einer Eisenwarenhandlung für weniges Geld gekauft waren, also Flaschenzüge, die dem realen Leben unmittelbar entnommen waren. Gerade hierin scheint mir die Wichtigkeit der obigen Betrachtung zu liegen, da der Schüler durch eigene Beobachtung sieht, daß die Physikstunden einer unmittelbaren Anwendung fähig sind.

Apparat zur Demonstration der Übereinanderlagerung zweier gleichgerichteter Wellen.

Von

Dr. **W. Elsässer** in Charlottenburg.

Um die Zusammensetzung von Wellen zu zeigen, die in derselben Richtung fortschreiten, benutzt man gewöhnlich 2 kräftige Stimmgabeln, von denen die eine mit einer Schreibspitze, die andere mit einer berußten Glasplatte versehen ist. Bringt man eine der Gabeln zum Tönen, so verzeichnet die Schreibspitze auf der Glasplatte die der tönenden Gabel zukommende Wellenkurve. Schwingen dagegen beide Gabeln, so erhält man eine Schwingungskurve, die durch Superposition der beiden ursprünglichen Wellenlinien entsteht. Der Apparat hat den Vorzug der Einfachheit, gestattet aber weder den Einfluß der Phasendifferenz zu zeigen, noch läßt sich das Amplitudenverhältnis beliebig variieren, auch sind die erhaltenen Wellenkurven wegen der geringen Amplitude wenig zu unmittelbarer Demonstration vor größerem Zuhörerkreise geeignet. Die folgende Einrichtung soll den erwähnten Faktoren Rechnung tragen, ohne hierdurch zu kompliziert auszufallen.

Ein etwa 60 cm langes Metallpendel ruht mittelst einer scharfen Schneide auf einem Stahllager, das horizontal an dem oberen Querbalken eines viereckigen Holzrahmens befestigt ist (Fig. 1a). Um beim Schwingen ein ausreichendes Trägheitsmoment zu erzielen, ist die Pendelstange mit einer verschiebbaren kräftigen Bleilinse versehen. Das untere Ende der Pendelstange trägt ein quadratisches dünnes Holzbrettchen, dessen Ebene in die Schwingungsebene des Pendels eingestellt wird. Aus der Mitte des Brettchens hat man ein kreisförmiges Stück von 2 cm Durchmesser ausgeschnitten und in die Öffnung ein kurzes horizontales Rohrstück eingesetzt. In das Rohr paßt eine kleine Sammel-Linse von kurzer Brennweite, die man so anbringt,

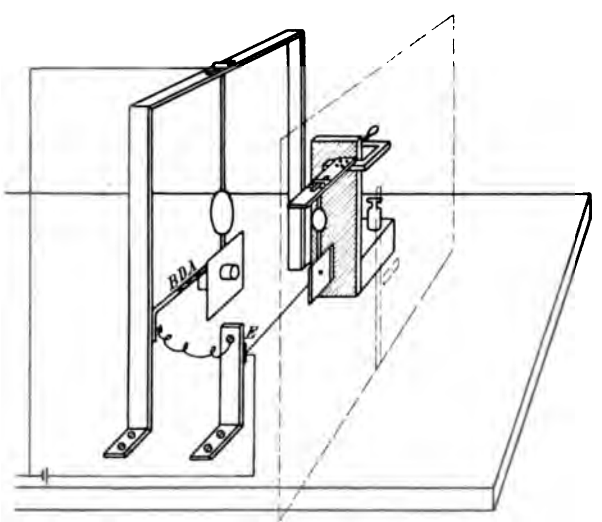


Fig. 1a.

daß der Brennpunkt in der Pendelebene liegt. Läßt man in der Richtung der Rohrachse ein horizontales Strahlenbündel anf die Linse fallen, so breitet sich auf der

anderen Seite nach der Konzentration ein Lichtkegel aus, dessen Spitze der Brennpunkt ist. Dieser Lichtpunkt schwingt dann mit der Periode, welche der Länge des Pendels entspricht.

Nun wird ein zweites Pendel so aufgestellt, daß seine Schwingungsebene der des ersten parallel ist. Es trägt, der Sammellinse gerade gegenüber, einen dünnen Blechstreifen von etwa 8 cm Länge und Breite, in dessen Mitte ein feines rundes Loch von Nähnadelbreite durchgebohrt ist. Die Durchlochung muß mit dem Brennpunkt der Linse in horizontaler Linie liegen. Hält man hinter das 2. Pendel parallel zur Schwingungsebene ein Papierblatt, so wird auf diesem bei schwingenden Pendeln eine gerade Schwingungslinie verzeichnet. Nimmt man dagegen an Stelle des Papierblattes eine photographische Platte und bewegt diese in vertikaler Richtung gleichmäßig weiter, so erhält man eine Wellenlinie, deren Form außer von der Bewegungsgeschwindigkeit von dem Periodenverhältnis der beiden Pendel, ihren Amplituden und der Phasendifferenz abhängig ist. Läßt man also nur das erste Pendel schwingen, so erhält man die ihm und seiner Amplitude entsprechende Wellenkurve, schwingt nur das zweite Pendel, so erscheint auf der bewegten Platte die Wellenlinie, welche sich aus der Schwingungszeit und Amplitude dieses Pendels ergibt, schwingen endlich beide Pendel, so beschreibt der Lichtpunkt auf der Platte die durch Superposition der beiden ersten Wellenzüge entstehende Kurve.

Es ist nun leicht zu erkennen, daß sich innerhalb gewisser Grenzen die Amplituden beliebig verändern lassen. Zunächst werden die Amplituden auf der Platte nicht immer gleich den wirklichen Pendelamplituden sein, dies wird vielmehr von der gegenseitigen Entfernung von Pendel und Platte abhängen. Es ist empfehlenswert, die Aufstellung so einzurichten, daß das 2. Pendel in der Mitte zwischen dem ersten und der Platte steht, genauer, daß die Durchlochung der Blechplatte gleichen Abstand hat von dem Brennpunkt der Sammellinse und der empfindlichen Schicht der Platte. Hierdurch erhält man auf der Platte gleiche Amplituden für das erste Pendel, dagegen erscheint die Amplitude des mittleren Pendels verdoppelt. Dies ist auch schon aus dem Grunde zu empfehlen, weil bei den anzustellenden Versuchen die Länge des ersten Pendels unverändert bleibt, bei dem anderen Pendel aber auch kürzere Längen in Betracht kommen. Hat man nun auch die Wahl der Amplitude in der Hand, so wird man doch, um den Isochronismus nicht zu stören, nicht über eine bestimmte kleine Größe hinausgehen. Liegt also beispielsweise die Sammellinse etwa 60 cm unter der Schneide, so wird man 3 cm als die Grenze ansehen, die für die Amplitude nicht überschritten werden darf. Für eine weitgehende Variation der Ausweichungen, die hier in horizontaler Richtung gerechnet werden müssen, bleibt hierbei immer noch Spielraum genug.

Unmittelbar vor der Platte wird, um alles fremde Licht abzuhalten, ein großes, dünnes Holzbrett vertikal aufgestellt (1 m lang und breit), in welchem ein schmaler Ausschnitt (6 cm breit und 2 cm hoch) sich befindet, gerade ausreichend, um dem durch die Durchlochung des Metallblechs gehenden Lichtstreifen ungehinderten Durchgang zu gestatten. Auf der den Pendeln abgewandten Seite des Holzbretts ist eine vertikale Leiste aufgesetzt, welche der Platte als Führung dient. Diese wird nun mit der Schichtseite fest an das Holzbrett angelegt und, nachdem die Glasseite mit schwarzem Papier abgedeckt ist, langsam und möglichst gleichmäßig mit der Hand in vertikaler Richtung bewegt. Auch eine Kassette kann zu diesem Zwecke benutzt werden, die nach dem Anlegen an das Holzbrett geöffnet und, nachdem die Kurve verzeichnet ist, wieder geschlossen wird.

Wie schon erwähnt, behält man bei allen Versuchen das erste Pendel in unveränderter Länge bei, das zweite Pendel wird bis zur gewünschten Schwingungszahl verkürzt. Geht das Periodenverhältnis über 1:3 hinaus, so empfiehlt es sich, an Stelle des Pendels eine kräftige Feder zu nehmen. Bei den kleinen Amplituden, die man benutzt und die für die Übereinanderlagerung besonderes Interesse haben, reichen die Schwingungsweiten, die man dann zur Verfügung hat, bequem für alle Fälle aus.

Auf etwaige durch die Schwingungen selbst hervorgerufene vertikale Verschiebungen des Lichtpunktes braucht keine Rücksicht genommen zu werden, da diese bei den geringen in Betracht kommenden Amplituden so klein sind, daß sie unbedenklich vernachlässigt werden können.

Man zieht nun durch einen Zwirnfaden, der an den Pendeln bezw. an der schwingenden Feder befestigt wird, bis zur gewünschten Amplitude auseinander und löst dann auf die später zu beschreibende Weise aus. Um eine bestimmte Phasendifferenz zu erhalten, verfährt man folgendermaßen:

Nachdem man eine bestimmte Amplitude für das erste Pendel gewählt hat, zeichnet man einen Kreis vom Durchmesser dieser Amplitude, teilt die Peripherie in so viel gleiche Teile, als man zur Herstellung der Phasendifferenz bedarf, und projiziert die Teilpunkte auf den Durchmesser. Beispielsweise erhält man bei einer Teilung in 12 gleiche Teile auf diese Weise Phasendifferenzen, welche alle Zwölftel der ersten Periode umfassen. In Figur 1b ist eine derartige Einteilung für die Amplitude 3 cm und das Schwingungsintervall 1:2 ausgeführt. A entspricht der Ruhelage des Pendels, B und C sind die Endpunkte der Amplitude. Man bestimme zunächst den Punkt D, der von B aus um ein halbes Periodenviertel entfernt liegt. Das in D auf dem Durchmesser errichtete Lot liefert den Kreispunkt E. Von diesem Punkt aus teilt man die Peripherie in 12 gleiche Teile und projiziert die Teilpunkte auf den Durchmesser BC. Dadurch erhält man die Punkte 0, $^1/_{12}$, $^2/_{12}$, $^3/_{12}$ . . . Man zieht nun das erste Pendel von A bis B, das zweite bis zur festgesetzten Amplitude aus und klemmt die das Pendel haltenden Fäden fest. Löst man dann das erste Pendel durch Abbrennen des haltenden Fadens, das zweite auf andere Weise in dem Augenblick aus, wo das erste den Punkt 0 passiert, so werden beide Pendel gleichzeitig durch die Ruhelage gehen, also die Phasendifferenz 0 haben. Wird aber das zweite Pendel in dem Moment ausgelöst, wo das erste den Punkt $^1/_{12}$, $^2/_{12}$, $^3/_{12}$ . . . passiert, so ergibt sich eine Phasendifferenz von $^1/_{12}$, $^2/_{12}$ . . . der ersten Periode. In Fig. 1c ist eine eben solche Teilung in Achtel ausgeführt. Soll das Pendel von C zurückkommend den Kontakt herstellen, so wird es in C statt in B ausgelöst. Für jedes Intervall und jede Amplitude ist eine besondere Einteilung erforderlich, die jedoch ein für allemal vorgenommen werden kann.

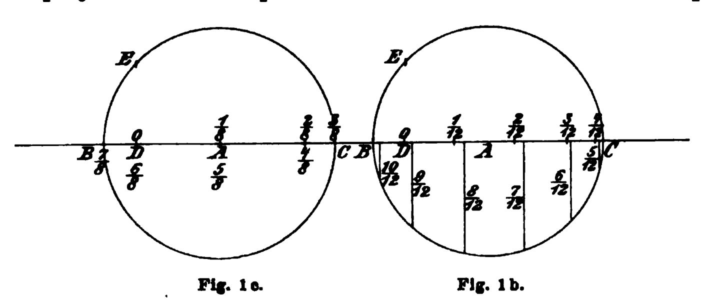
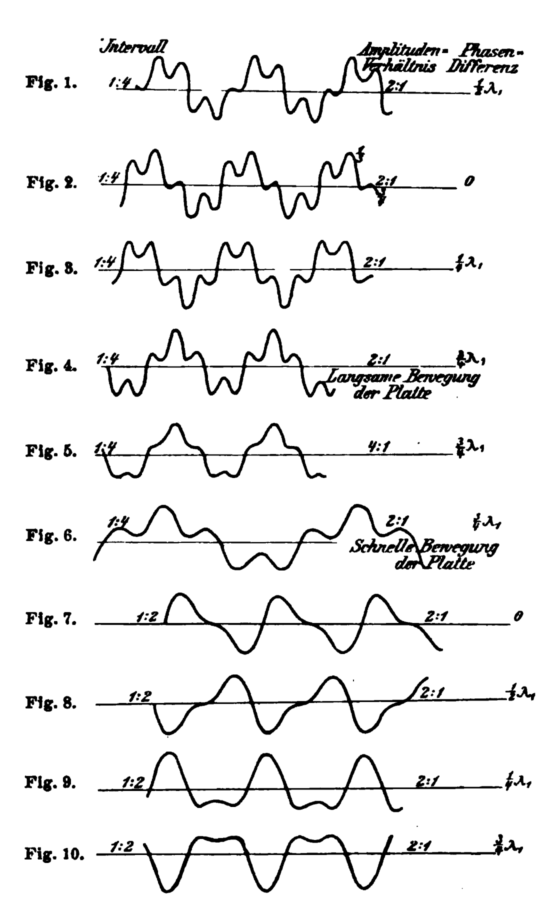


Fig. 1c. Fig. 1b.

Es bleibt noch übrig, zu zeigen, wie die rechtzeitige Auslösung des zweiten Pendels bezw. der Feder bewirkt wird. Ein schmaler Metallblechstreifen, dessen Rand die oben angegebene Teilung der Amplitude BC enthält, wird horizontal an dem einen Seitenarm des das Pendel tragenden Rahmens festgeklemmt und so ein-

gestellt, daß die Vorderkante des Streifens etwa 2 cm vom ersten Pendel entfernt bleibt und in fast gleicher Höhe mit der Linse liegt, ohne den Durchgang des Lichtes dadurch abzusperren. Das Metallblech ist durch einen Leitungsdraht mit der einen Polklemme eines 3zelligen Akkumulators verbunden. Auf einen beliebigen Punkt der Teilung des Streifens kann quer gegen den Rand ein kurzes und dünnes (etwa 1 cm langes) Metallstäbchen gelegt werden, so, daß die Hälfte des Stäbchens über den Rand übersteht. Auf der zugewandten Seite des ersten Pendels geht von einem Punkte, der etwa 3 cm unterhalb der Lichtöffnung liegt, ein rechtwinklig gebogener Metalldraht aus, dessen einer Schenkel vertikal bis zur Linsenhöhe aufsteigt. Er springt soweit vor, daß zwischen ihm und dem Rande des Metallstreifens noch ein Zwischenraum von einigen mm übrig bleibt. Er wird mit irgend einer Stelle des Metallpendels in leitende Verbindung gesetzt, während das Metallpendel selbst mit der zweiten Polklemme des Akkumulators verbunden wird. Wird also z. B. das Stäbchen auf den Teilpunkt $^2/_{12}$ gelegt und der Faden abgebrannt, so wird das zweite Pendel um $^2/_{12}$ der ersten Periode später ausgelöst. Die Auslösung dieses zweiten Pendels erfolgt durch einen Elektromagneten von geringer Selbstinduktion, der in den Stromkreis eingeschaltet ist (*E* Fig. 1 a). Den Anker desselben bildet ein schmales gut geglättetes Eisenplättchen, das durch sein Gewicht das Ende des zum zweiten Pendel gehörigen Fadens auf einer gleich großen Glasplatte festklemmt. Zwischen Anker und Magnetkern wird ein möglichst geringer Zwischenraum gelassen.



Vor Beginn der Versuche ist darauf zu achten, daß die beiden Pendel nach verschiedenen Seiten ausgezogen werden, weil durch die Durchlochung die Bewegungsrichtung des vom ersten Pendel herkommenden Lichtbündels umgekehrt wird. Zu den Versuchen eignet sich am besten Sonnenlicht, doch liefert auch parallel gemachtes elektrisches Bogenlicht und selbst Kalklicht brauchbare Resultate, obgleich im letzten Falle die Kurven bei weitem nicht so klar und deutlich ausfallen.

Man beginnt die Versuche am besten mit gleicher Periode und geht dann zu anderen Intervallen über. Als Beispiel ist in den Figuren 1 bis 10 das Intervall 1:4 und 1:2 gewählt bei 4 verschiedenen Phasendifferenzen. λ_1 bedeutet hier die der kürzeren Periode zukommende Wellenlänge. Fig. 4 und 5 zeigen den Einfluß der Amplitude bei sonst gleichen Verhältnissen, Fig. 4 und 6 den Einfluß der Bewegung auf die Wellenlänge.

Ein neuer Geschwindigkeitsmesser: Celmeter.

Ein Beitrag zur Demonstration der Bewegungsgesetze.

Von

Joh. Kleiber in München.

1. Die vorhandenen Apparate. Obwohl die Geschwindigkeit für einen bewegten Körper ein ausgezeichnetes, charakteristisches Merkmal ist, etwa so wie die Temperatur für den warmen Körper und die elektrische Spannung für den elektrisierten Körper, so weisen doch die physikalischen Sammlungen keinen Apparat auf, um solche Geschwindigkeiten eines bewegten Körpers in jedem Augenblick durch bloße Ablesung feststellen zu können, ähnlich wie man etwa gewohnt ist, Wärmegrade eines Körpers durch Ablesen eines Thermometers, Elektrizitätsgrade eines elektrisierten Körpers durch Benutzung eines nach Volt geeichten Elektrometers zu ermitteln.

Der direkten Geschwindigkeitsbestimmung begegnen wir in unserer gewöhnlichen Experimentalphysik eigentlich nur an einer Stelle, nämlich da, wo wir Gelegenheit nehmen, die Bedeutung des Ringes bei der Atwoodschen Fallmaschine zu erklären. Oft sind wir dagegen gezwungen von veränderlicher, von augenblicklicher, von Endgeschwindigkeit zu sprechen, und nicht wenige werden es mit mir mißlich empfunden haben, daß wir gerade den „Zustand des Körpers", der sich in dem Begriff des Bewegtseins ausdrückt, nicht direkt in seinen graduellen Abstufungen einer Messung unterziehen können.

Eine Umschau in der Praxis, wo bekanntlich die Not erfinderisch macht, zeigt, daß eine Reihe von Geschwindigkeitsmessern bereits existiert. Sie dienen dazu, um Geschwindigkeiten von Fahrzeugen auf dem Land (Lokomotiven, Fahrrädern u. dgl.), von Flüssigkeitsströmungen und Schiffen und schließlich um die Geschwindigkeit von Luftströmungen (Wind, Sturm, Schornsteinzug) zu bestimmen.

Der Typus der Apparate, welche verwendet werden, um zunächst die Geschwindigkeit von Fahrzeugen auf dem Land und von Schwungrädern zu bestimmen, ist der sehr bekannte Tourenzähler, die Verbindung einer endlosen Schraube mit einem Zählrad, bezw. einem Zählwerk, das aus mehreren Zahnrädern besteht. Zuweilen sind solche Apparate mit einer Vorrichtung vereinigt, um durch einen mit dem Zählwerk verbundenen Zeiger die Tourenzahl auf einer mit Papier bezogenen Trommel aufzeichnen zu lassen.

Zur bequemen Bestimmung der Geschwindigkeit einer Flüssigkeitsströmung, z. B. an irgend einer Stelle im Querschnitt eines Flußbettes dient der Woltmannsche Flügel, ein Rädchen mit windschief zur Achse gestellten Schaufeln (etwa nach Art der bekannten Windrädchen), das seine Umdrehungen auf ein Zählwerk übertragen kann. Das letztere ist dabei so konstruiert, daß es nach Belieben ein- oder ausgeschaltet werden kann. Bei der Beobachtung setzt man den an einer Stange befestigten Apparat an die Stelle des Flußquerschnittes, deren Strömungsgeschwindigkeit ermittelt werden soll, läßt das Rädchen ordentlich in Lauf kommen, schaltet nach Eintritt des Beharrungszustandes das Zählwerk ein und nach Ablauf einer abgemessenen Zeit wieder aus. Die schließlich ermittelte Tourenzahl ist dann noch mit einer Konstanten C, dem „Geschwindigkeitswert einer Tour" zu multiplizieren und mit der Zeit zu dividieren. Theoretisch ist freilich dieses C keine Konstante, sondern eine Funktion der Tourenzahl selbst; in der Praxis werden dagegen die Woltmann-

schen Flügel so exakt und sachentsprechend hergestellt, daß für die gewöhnlich zur Abmessung kommenden Geschwindigkeiten die Zahl C sehr nahe konstant ist. Man ermittelt C, indem man in ruhendem Wasser (Kanal) den Woltmannschen Flügel mit bekannten Geschwindigkeiten vorwärts führt.

Eigentlich nichts weiter als besonders bequeme Formen von Woltmannschen Flügeln sind auch die auf den Schiffen neuerdings verwendeten Patentloggen, die von dem in Fahrt begriffenen Schiff nachgezogen werden und durch sinnreiche Übersetzungen die Ablesung der Umdrehungszahl an Bord des Schiffes ermöglichen. Selbstverständlich haben auch diese Apparate ihre entsprechende Konstante.

Eine verhältnismäßig gute Ausbildung haben endlich die Instrumente erreicht, die man zur Bestimmung der Geschwindigkeit von Luftströmungen gebaut hat. Die Apparate der Spezialfirma Rosenmüller in Dresden leisten darin sehr Exaktes. Es sind im wesentlichen sehr leicht laufende Windrädchen, die mit Zählwerk verbunden sind. Sie zählen die „Windmeter" in der Versuchszeit und ergeben demnach die wahre Geschwindigkeit erst durch Division der abgelesenen „Windmeterzahl" durch die Zahl der Sekunden der Versuchsdauer[1]).

Die Frage, die jetzt zur Beantwortung steht, ist: welche von diesen Apparaten für die im Schulunterricht zu lösenden Probleme taugen. Man wird wohl allgemein mit mir der Ansicht sein, daß alle diese Apparate, einesteils weil sie Umrechnungen nötig machen, andernteils eine Zeitablesung neben der Ablesung am Apparat erfordern, keine eigentlichen „Geschwindigkeitsanzeiger" im Wortsinne sind, also mit dem „Thermometer = Wärmegradanzeiger" und dem „Elektrometer = Elektrizitätsgradanzeiger" nicht auf eine Stufe gestellt werden können. Sie sind ihrer inneren Natur nach „Integraphen" und als solche z. B. absolut unbrauchbar, um die Geschwindigkeit bei einer veränderlichen Bewegung in einem gegebenen Augenblicke festzustellen, so wenig man aus einem Integral den Wert des Differentialquotienten an einer Stelle oder etwa aus der mittleren Jahrestemperatur eines Ortes die Temperatur an demselben für irgend ein Datum des Jahres zu ermitteln vermag. Für die Bestimmung des Zahlenwertes gleichförmiger Geschwindigkeiten mangelt andererseits das Interesse für diesbezügliche Apparate in unserer Experimentalphysik zum größten Teile deswegen, weil für diesen einfachsten Fall andere Wege zu Gebote stehen.

Das dürfte der Grund gewesen sein, warum die Experimentalphysik bisher der „Geschwindigkeitsmesser" entbehrte und entbehren mußte.

Einen ersten Schritt zur Konstruktion eines für den Unterricht wirklich brauchbaren „Geschwindigkeitsmessers" oder Celmeters (wie man in Analogie mit Volt- und Amperemeter sagen dürfte), soll nun der nachstehend näher beschriebene kleine Apparat darstellen. Möge es den verehrten Fachkollegen bald gelingen, den Apparat so auszubauen und zu modifizieren, daß er den Forderungen der physikalischen Demonstrationspraxis immer mehr gerecht werde.

2. Das neue Modell. Der neue Apparat kann von jedermann mit den einfachsten Mitteln selbst zusammengestellt werden. Man benötigt dazu nur ein Wind-

---

[1]) Diese sehr exakt arbeitenden Maschinchen sind dabei überraschend billig; so kommt das als No. 3 im Rosenmüllerschen Preisverzeichnis aufgeführte bis „100 Meter" zählende, rund 6—7 cm hohe Anemometer nur auf M 36 zu stehen, das bis „10 000 Meter" zählende auf M 54; das „10 Millionen Meter" zählende auf M 75. Ich erwähne dies deswegen, weil es sich meines Erachtens für jede physikalische Sammlung empfiehlt, ein solch billiges Demonstrationsobjekt anzuschaffen, das z. B. erlaubt, die Geschwindigkeit des Luftzuges in der Ventilation, in verschiedenem Abstand über einem Bunsenbrenner, die Geschwindigkeit des Windes u. s. f. durch eine leichte Umrechnung zu finden.

rädchen W und eine feine Spiralfeder F, die man auf gemeinsamer Achse AB befestigt.

Das Windrädchen W schneidet man am einfachsten aus Papier aus. Aus der Kinderzeit her wissen wir, wie man das macht. Man schneidet in ein quadratisches Papierstück, wie Fig. 1 andeutet, die 4 diagonalen Schlitze bis nahe zur Mitte, bohrt mit einer Stricknadel zyklisch die 4 Ecklöcher x und in die Mitte ein ebensolches Loch y. Biegt man die Quadratecken mit den Löchern x gegen die Mitte und schiebt gleichzeitig durch y und alle Löcher x die Achse AB, so ist das Windrädchen fertig.

Die an zweiter Stelle nötige feine Spiralfeder F verschafft man sich beim nächsten Uhrmacher. Man wählt eine nur $^1/_2$ bis 1 mm breite Uhrfeder, je nach der Größe des Windrädchens und läßt sie vor dem Gebrauch ein paarmal zwischen Daumen und Zeigefinger durchlaufen, damit ihre Windungen sich entsprechend vergrößern. Dann schiebt man sie mit ihrem zentralen Teil auf ein etwa 2 cm langes Stückchen Bleistift ab, dessen Bleikörper man vorher herausgestoßen hat.

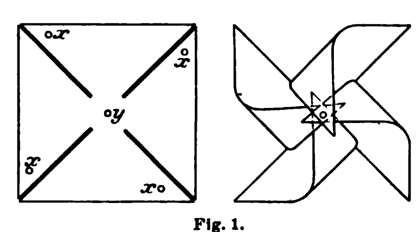


Fig. 1.

Die Feder F (Fig. 2) wird nun dadurch mit dem Windrad fest verbunden, daß man das Holzstückchen ab ebenfalls auf die Achse AB aufschiebt, auf welcher das Windrad bereits sitzt, und es hierauf durch Klebwachs oder Leim auf der Rückseite des Windrädchens W befestigt.

Auf der Vorderseite der Holzwelle ab ist schließlich ein Strohhalm, ein Papierstreifchen, besser ein dünnes Kupferdrahtstück als Zeiger Z anzubringen. Als Achse AB läßt sich entweder eine dünne Stricknadel oder noch besser eine Nähnadel benutzen. Diese Achse AB ist fest mit der Welle ab zu verkeilen; Ausfüllen der zentralen Bohrung von ab mit Klebwachs gibt vollständig ausreichenden Halt.

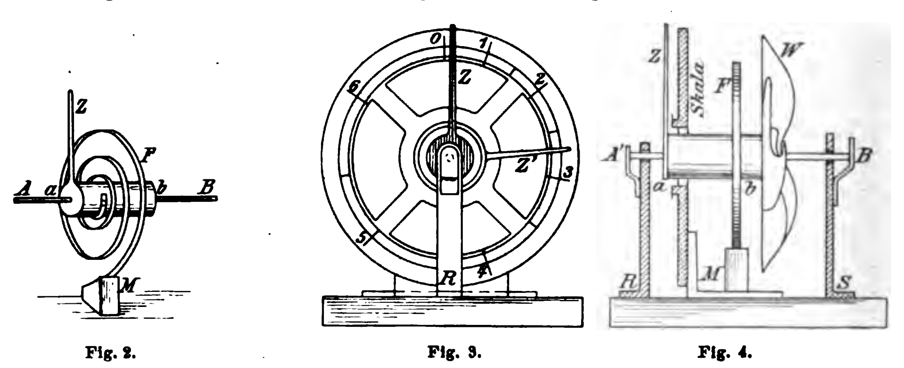


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Die Achse AB ist schließlich in ein entsprechendes Widerlager RS (Fig. 4) einzulegen. Um ein sehr bequemes zu erhalten, kauft man sich (für 3 Pf.) ein sogenanntes „Taillenstäbchen aus Stahl mit Ösen“ in einem Gemischtwarengeschäft, biegt dies U-förmig um, schiebt die Achse AB zwischen den Ösen ein und befestigt die untere Seite von RS auf dem Grundbrett mit Klebwachs. Damit schließlich die Achse AB nach rückwärts nicht ausweichen kann, ist dort für eine entsprechende Hemmung A' zu sorgen.

Bringt man noch einen Skalenkreis an (Fig. 3), vor welchem der Zeiger Z spielen kann, so ist der Apparat in seiner primitivsten Gestalt fertig. Er bedarf nur noch der Eichung. Bevor wir diese beschreiben, seien einige Worte über die Art der Wirkung des Apparates eingeschaltet. Setzt man den Apparat einem konstanten Luftstrome

aus, so würde das Windrädchen W für sich allein, wie bekannt, in gleichmäßige Umdrehung versetzt, da der durch die schiefgestellten Schaufeln des Rädchens abgelenkte Wind einen seitlichen Druck auf diese Schaufeln, also einen Drill auf das Rad ausübt. Da aber das Rad mit der Feder F fest verbunden ist, so wird das Windrädchen W sich nur bis zu einem gewissen Betrage drehen können, der um so größer ist, je größer der Winddruck auf das Rad wird. Da nun bei konstantem Barometerstand oder besser bei konstanter Luftdichte zu jeder Luftgeschwindigkeit ein fest bestimmter Ausschlag des Windrades gehört, so ist eine Eichung der Skala tatsächlich nach Windgeschwindigkeiten möglich.

Die Luftdichte können wir nun bei den geringen Änderungen des Barometerstandes an einem Standort (Physiksaal) als nahezu konstant ansehen, sodaß dieser an sich schwierige Nebenpunkt fürs erste vollkommen außer acht gelassen werden kann.

Andererseits mögen wir uns erinnern, daß es in Bezug auf den Ausschlag des Rädchens gleich ist, ob bewegte Luft auf das Rädchen wirkt oder das Rädchen in ruhender Luft vorwärts geführt wird. Das letztere ermöglicht uns eine bequeme Eichung.

Bevor wir diese ausführen, nehmen wir den Apparat in die Hand und gehen damit im gewöhnlichen Schritt (Geschwindigkeit rund 1,5 m) durch das Zimmer. Der Ausschlag des Zeigers gibt ein oberflächliches Maß für die Empfindlichkeit des Apparates. Ein Ausschlag von rund 20° genügt vollkommen; ist er kleiner, so deutet das entweder an, daß die Fläche des Rädchens zu klein oder die Feder zu stark gewählt wurde. Ist dagegen der Ausschlag größer, so ist zu befürchten, daß größere Geschwindigkeiten, z. B. 6—8 m, nicht mehr auf der Skala gemessen werden können,

Nach Prüfung dieser Empfindlichkeit setzt man das Celmeter am besten auf ein Wägelchen G, dessen Gewicht gleichzeitig mit diesem Buchstaben bezeichnet sei. Das Wägelchen wird nun durch einen wagerecht gespannten, mit dem Übergewicht P versehenen Faden auf dem Vorlesungstisch in einem gegebenen Moment in Lauf gesetzt. Vorzüglich eignet sich hier der in ds. Zeitschr. (*XIV 30*) von Herrn H. Kellermann in Wien beschriebene Apparat zur Demonstration der Reibung. Man sieht, während das Wägelchen dahinläuft, wie der Zeigerausschlag sich stets vergrößert. Läßt man das Wägelchen die Strecke s fortlaufen, so kann man sich die Endgeschwindigkeit für die Endstelle voraus berechnen. Man kann dabei von den Reibungshindernissen bei dem primitiven Bau des Apparates ganz absehen. Bekanntlich ist:

1) Die Beschleunigung des Wagens: $a = 9{,}81 \cdot \frac{P}{P+G} \cdot$

2) Die Endgeschwindigkeit $v = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot \frac{P}{P+G} \cdot s}$.

Will man genauer sein, was aber nur bei feineren Apparaten angezeigt ist, so geht man von der Gleichung aus:

Bewegungsenergie von $(P+G)$ + Verlorene Reibungsarbeit $(f.G.s)$ = Arbeit von P, oder:

$$3) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad \tfrac{1}{2}\left(\frac{P+G}{g}\right) v^2 + f \cdot G \cdot s = P \cdot s.$$

Woraus

$$4) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad v = \sqrt{\frac{2\,g \cdot [P - f\,G \cdot]\,s}{P+G}},$$

was man auch so gefunden hätte, daß man in Formel 2 statt P den um die Reibung verminderten Wert von P einsetzt.

Vorteilhafter ist es, dem Wägelchen jenen Weg s vorzuschreiben, der eine bestimmte Geschwindigkeit v, z. B. 3 m, erzeugt. Es ist dieser Weg

$$s = \frac{P+G}{P} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot 9{,}81} \text{ (Meter)}$$

oder unter Rücksichtnahme auf die Reibung:

$$s_R = \frac{P+G}{P-f \cdot G} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot 9{,}81} \text{ (Meter)},$$

also für $v = 3$ m, $P = 100$ g, $G = 400$ g, und bei Berücksichtigung der Reibung $f = 0{,}02$:

$$s = 2{,}29 \text{ m}, \quad s_R = 2{,}48 \text{ m}.$$

Man prüft den einmal gewonnenen Wert für $v = 3$ m dann weiterhin dadurch, daß man die Belastung des Wägelchens G einerseits und die antreibende Kraft P andererseits so ändert, daß der Ausdruck

$$\frac{P \cdot s}{P+G} \quad \text{oder} \quad \frac{(P - fG) \cdot s}{P+G}$$

seinen Wert beibehält.

In unserem Falle (für $v = 3$) hat z. B. der erste Ausdruck den Zahlenwert 0,56, der zweite stets denselben anzunehmen, da beide Ausdrücke mit $v^2/2\,g$ identisch sind. Läßt man z. B. das Wägelchen die ganze Tischlänge, soweit sie verfügbar ist, durchlaufen, in meinem Falle $s = 4$ m, so muß $P/G = 7/43$ gewählt werden. (Man legt also auf das Wägelchen noch 30 g auf und vermindert die Triebkraft auf 70 g.) Der Ausschlag für die Geschwindigkeit v kann solchergestalt mehrfach geprüft werden.

Da die Ablesung des Zeigerausschlages für v am bewegten Wägelchen selbst für die Endlage nicht sehr sicher und vor allem unbequem ist, so ist es gut, an der Skala einen sogen. Friktionszeiger Z' anzubringen, der vom eigentlichen Geschwindigkeitszeiger Z des Apparates vorwärts geschoben wird und der stehen bleibt, auch wenn der Zeiger Z bei verminderter Geschwindigkeit des Wägelchens zurückgeht. Ist das Celmeter mit diesem Friktionszeiger ausgerüstet, so braucht man, um die Endgeschwindigkeit v zu bestimmen, das Wägelchen nicht am Endort (s) plötzlich zu hemmen, sondern tut gut, es zwischen ein sich verjüngendes Geleise mit Wandungen höher als das Wägelchen, die mit Tuch beklebt sind, einlaufen zu lassen. Dadurch klemmt sich das Wägelchen nicht plötzlich ein, was für den Versuch sehr günstig ist.

Wie schon aus der ganzen Anlage der Eichung des Apparates hervorgeht, kann das einmal bereits geeichte Celmeter sofort an Stelle der Atwoodschen Fallmaschine Verwendung finden, indem man eben das Wägelchen, auf welchem das Celmeter befestigt wird, auf dem wagerechten Tisch oder längs einer schiefen Ebene unter verschiedenem Antrieb P laufen läßt.

In geeigneter Verbindung mit der von Herrn Dr. E. Maey (in Remscheid) letzthin in dieser Zeitschr. (*XV 268*) beschriebenen „Arbeitsschiene" gestattet das Celmeter, gerade das noch fehlende Glied in der Demonstration der Umsetzung der Bewegungsenergie in Arbeit beizubringen. Dabei ist die Maeysche Arbeitsschiene in wagrechter Stellung gedacht, entsprechend der Ersetzung der Atwoodschen vertikalen Anordnung durch die wagerechte auf dem Vorlesungstisch.

3. Kritik des Apparates. Wenn man vielleicht auch die Leistungsfähigkeit des Apparates anerkennen wird, so könnte man doch geneigt sein, einzuwenden, daß der Apparat eigentlich ein Anemometer, also ein Luftwirkungsmesser sei, und daß er ferner die Bewegungsenergie in etwas vermindere.

Beides ist richtig. Aber ist es beim Thermometer als Wärmegradmesser nicht ähnlich? Auch an diesem mißt man nicht die Wärme, sondern die Ausdehnungswirkung dieser an einem anderen Körper als demjenigen, der als Wärmeträger gilt (Quecksilber), und auch das Thermometer konsumiert einen Teil der Wärme des warmen Körpers mehr oder weniger je nach seiner Kapazität. Wer wollte die Temperatur von einem Fingerhut voll Wasser mit einem Quecksilberthermometer bestimmen? Ähnlich konsumiert auch jedes Volt- und Amperemeter einen, wenn auch verschwindend geringen Betrag der E.M.K. der Stromquelle, ebenso einen Teil der gesamten Wärmeenergie, die der elektrische Strom produziert.

Die Aufgabe bei unserem Celmeter, die noch zu erledigen steht, ist also die, die von ihm konsumierte Bewegungsenergie, die man kurz als Kapazität des Celmeters bezeichnen könnte, dem jeweiligen Fall anzupassen. Ich gestatte mir daher, für den Spezialfall vertikaler Bewegungen auf die Konstruktion eines Celmeters von außerordentlich kleiner Kapazität hinzuweisen. Es ist die Verbindung eines längs der Diagonale geknickten rechteckigen Papierstreifens (2 cm breit, 4 cm lang, das ähnlich einer Magnetnadel auf eine Nadelspitze gesetzt wird, damit es leicht drehbar ist) und einer der feinen Uhrfedern, wie sie bei Taschenuhren Verwendung finden. Doch kann ich über diesen Apparat noch nichts weiteres berichten, da ich ihn noch nicht geeicht habe[1]).

Berechnung des Trägheitsmomentes eines Körpers in Bezug auf eine zu einer Schwerpunktsachse parallele Achse.

Von

Hans Keferstein in Hamburg.

Die Formel

$$\mathfrak{T}_d = \mathfrak{T}_s + Me^2$$

in der $\mathfrak{T}_s$ das Trägheitsmoment eines Körpers von der Masse M in Bezug auf eine durch den Schwerpunkt S gehende Achse, $\mathfrak{T}_d$ für eine zu dieser im Abstande e parallele Achse bedeutet, die von der durch S gelegten Normalebene im Punkte D geschnitten werden möge, wird in den Lehrbüchern mit Hülfe der Sätze von den statischen Momenten in Bezug auf eine Ebene bewiesen. Diese Sätze lassen sich am einfachsten in der analytischen Geometrie im Anschluß an die Bestimmung der Koordinaten eines Punktes, der eine Strecke in einem gegebenen Verhältnis teilt, erledigen; der Beweis an früherer Stelle erfordert einen dem Nutzen des Ergebnisses kaum entsprechenden Aufwand an Zeit und Mühe. Beginnt man aber, wie es entschieden wünschenswert ist, den zweiten Kursus der Physik mit der Mechanik, so wird man auf die Hülfe der analytischen Geometrie noch nicht rechnen können. Ein Verzicht auf die Formel würde zur Ausscheidung oder wenigstens minder scharfen Begründung einiger sehr lehrreichen Schülerübungen nötigen, z. B. der Bestimmung des zunächst direkt gemessenen Torsionsmomentes eines Drahtes aus den Schwingungen eines an ihm horizontal befestigten und mit verschiebbaren Gewichten versehenen Metallstabes (vergl. Budde-Kießling, Physik 132, 3) und der Horizontalintensität des Erdmagnetismus in der von Noack angegebenen Art. Aus diesem Gesichtspunkte empfiehlt sich vielleicht die nachstehende Ableitung, die so einfach ist, daß man sie auch im Praktikum selbst geben kann, wenn in der Klasse die vorbereitenden Sätze erledigt sind. Sie befolgt den bewährten Grundsatz J. Steiners geometrica geometrice in der Wendung physica physice. Das Trägheitsmoment ist ein auf physikalischen

---

[1]) Die oben genannte Spezialfirma Rosenmüller in Dresden N. Hauptstr. 18 hat sich bereit erklärt, das Celmeter nach obiger Angabe herzustellen. Auch der Mechaniker Sedlbauer, München Häberlstr. 13, würde den Apparat liefern.

Grundlagen ruhender Begriff; durch Benutzung des Momentensatzes greift auch der „fortgeerbte“ übliche Beweis unseres Satzes auf dieses Fundament zurück, aber ohne dessen wahre Bedeutung recht erkennen zu lassen.

Zur Veranschaulichung der nachfolgenden Überlegung schneide man sich aus weißer Pappe ein Stück von handlicher Größe, etwa ein Rechteck aus, bezeichne seinen Schwerpunkt mit S, einen zweiten Punkt mit D und beschreibe mit $DS = e$ um D den Kreis (s. Fig. 1). Ein Kork mit einer hineingesteckten Nadel werde in einem Halter so befestigt, daß die Nadelachse senkrecht zu der auf den Tisch gelegten Pappebene steht und verlängert durch D geht. In S stecke man eine zweite Nadel senkrecht in die Pappe ein und verbinde beide Nadeln durch einen parallel zur Horizontalebene gespannten Faden. Nun verschiebe man die Pappe ohne Drehung um eine kleine Strecke Δx in der Richtung der durch S gehenden Kreistangente. Man sieht, daß sich dabei S als Endpunkt des Fadens von der Länge e um die erste Nadel dreht und zwar um die Strecke Δx (Bewegung 1). Dann hefte man mit der durch S gesteckten Nadel S an die Unterlage und drehe die ganze Pappe um S im Sinne der Drehbewegung 1, zwar so weit, daß D wieder unter die Spitze der ersten Nadel gelangt; D muß also auch und den Weg Δx zurücklegen (Bewegung 2). Nun befestige man D mit dieser Nadel an der Unterlage, lüfte die zweite Nadel und drehe in der der vorigen Drehung entgegengesetzten Richtung die Pappe in die Anfangslage zurück, wobei also S wieder die Strecke Δx rückwärts durchwandert (Bewegung 3). Durch wiederholte Ausführung der zuerst beschriebenen beiden Bewegungen läßt sich eine beliebig große Drehung der Pappe erreichen, die durch eine einzige Drehung um D wieder rückgängig gemacht werden kann. Selbstverständlich erhält man das gleiche Ergebnis bei einer beliebigen Reihenfolge der drei Bewegungen.

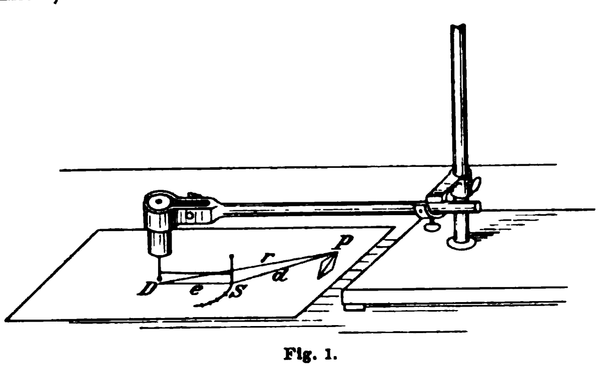


Fig. 1.

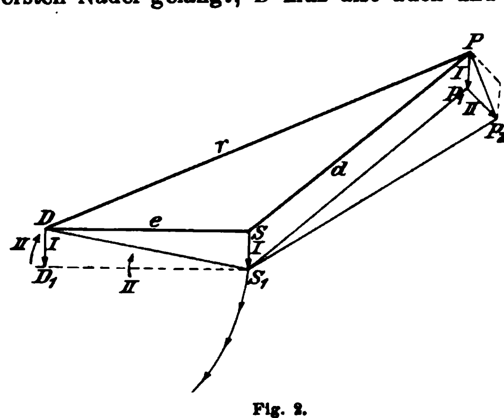


Fig. 2.

Es sei nun ein irgendwie geformter Körper mit einer Drehachse, die als D-achse bezeichnet werden soll, und dem Schwerpunkt S gegeben. Dann gilt für die durch S zur D-achse gelegte Normalebene bei einer hinreichend kleinen Drehung um die D-achse die soeben angestellte Betrachtung. Für alle außerhalb der Normalebene gelegenen Punkte kann die hierbei erfolgende Bewegung offenbar ebenfalls in eine Parallelverschiebung um die Strecke Δx bezw. die beschriebene Drehung von S (Bewegung 1) und eine gleichsinnige Drehung um die durch S zur Normalebene senkrecht gelegte S-achse zerlegt werden (Bewegung 2).

Wir erhalten also folgendes Ergebnis: Jede Drehung eines Körpers um eine beliebige D-achse kann, wenn sie hinreichend klein ist, also jeder Punkt eine auf seinem Dreharm senkrechte kleine Strecke durchläuft, in eine Parallelverschiebung und in eine Drehung des Körpers um die zur D-achse parallele S-achse zerlegt werden. Legt bei der Drehung um die D-achse der Schwerpunkt S die Strecke Δx zurück, so hat die Parallelverschiebung parallel zu Δx und um den Betrag Δx zu erfolgen; sie läßt sich auch als Drehung von S um eine im Raume als fest gedachte Achse betrachten, die mit der ursprünglichen Lage

der D-achse zusammenfällt (Bewegung 1). Die Winkeldrehung ist dabei gleich $\varDelta x/e$, wenn e den Abstand des Schwerpunktes S von der D-achse bedeutet. Durch die Drehung des Körpers um die S-achse (Bewegung 2) soll die bei der Bewegung 1 aus ihrer Anfangslage um $\varDelta x$ verschobene D-achse des Körpers in diese Lage zurückgeführt werden, es muß daher wieder eine Winkeldrehung von dem Betrage $\varDelta x/e$ erfolgen. Ebenso groß ist endlich auch die Winkeldrehung bei der aus 1 und 2 resultierenden Drehung, da ja bei ihr S die Strecke $\varDelta x$ zurückgelegt hat.

Betrachtet man nun diese Bewegungen als Wirkungen konstanter Kräfte in einer kleinen Zeit $\varDelta t$, so müssen wegen der Gleichheit der Winkeldrehungen auch gleiche Winkelbeschleunigungen φ auftreten, da $\varDelta s/e = \varphi/2 . \varDelta t^2$. Die Bewegung 1 erfolgt so, als ob die ganze Masse M des Körpers im Schwerpunkt S vereinigt wäre, das Drehmoment der in S wirkenden Kraft wird also durch $Me^2 . \varphi$ gemessen. Für die Bewegung 2 ist das Drehmoment $\mathfrak{T}_s . \varphi$ und für die Hauptdrehung um die D-achse $\mathfrak{T}_d . \varphi$. Die zugehörigen Arbeiten sind $Me^2 . \varphi \varDelta x/e$; $\mathfrak{T}_s . \varphi \varDelta x/e$ und $\mathfrak{T}_d . \varphi . \varDelta x/e$. Da die Drehmomente $Me^2 . \varphi$ und $\mathfrak{T}_s . \varphi$ mit $\mathfrak{T}_d . \varphi$ gleichwertig sind, muß sich auch dieselbe Arbeitsgröße ergeben, mag nun der Körper durch die Parallelverschiebung und die Drehung um die S-achse oder allein durch die Drehung um die D-achse aus der Anfangslage in die Endlage übergeführt werden. Also folgt

$$\mathfrak{T}_d . \varphi . \varDelta x/e = Me^2 . \varphi . \varDelta x/e + \mathfrak{T}_s . \varphi . \varDelta x/e \text{ oder } \mathfrak{T}_d = Me^2 + \mathfrak{T}_s.$$

In der schriftlichen Darstellung nimmt sich vielleicht dieser Beweis immer noch etwas breit aus, aber der Kundige wird hoffentlich aus ihr herausfühlen und bei einem nach ihrer Anleitung angestellten Versuche sicherlich sich überzeugen, daß in mündlicher und anschaulicher Darbietung die Erledigung nur kurze Zeit beansprucht. Fast noch wertvoller aber scheint mir, daß, im Gegensatze zu dem üblichen Beweise, der gegebene nicht allein zwingend, sondern auch überzeugend ist.

Die Entstehung optischer Bilder vom Standpunkte der Wellenlehre.

Von

Dr. **Alois Lanner** in Innsbruck.

Werden bei einer Wasserfläche von einem Punkte ausgehende kreisförmige Wellen hervorgerufen, so mag wohl der von der Erregungsstelle aus gezogene Halbmesser geeignet sein, die Ausbreitung der Wellen leicht zu berechnen, das Auge sieht aber nur die periodischen Schwingungen der Wasserteilchen und, daß die Stellen gleicher Phase, z. B. die Wellenberge, konzentrische Kreise bilden. In analoger Weise führt auch in der Optik die Betrachtung der Wellenfläche zu einer dem wirklichen Vorgang mehr entsprechenden Darstellung, als die Betrachtung „der Strahlen".

Als Ausgangspunkt der Wellenflächen wählen wir zunächst zwei Lichtpunkte A und B (Fig. 1). Durch jeden Punkt der Umgebung gehen dann zwei solche Wellenflächen. Betrachten wir den Punkt O und bezeichnen wir die in diesem Punkte an die Wellenfläche gelegten Tangentialebenen mit α und β. Diese beiden Ebenen schneiden sich in einer Geraden c, welche auf der Ebene OAB senkrecht steht. Der von ihnen eingeschlossene Winkel wird immer größer, wenn sich der Punkt O den Punkten A und B nähert, und er ist dem Gesichtswinkel gleich, unter dem wir die Strecke AB von O aus sehen. Befindet sich auf der Geraden AB noch ein Lichtpunkt, so wird seine durch O gehende Wellenfläche eine Tangentialebene besitzen, welche ebenfalls durch die Gerade c hindurchgeht. Die Tangentialebenen aller durch O gehenden Wellen-

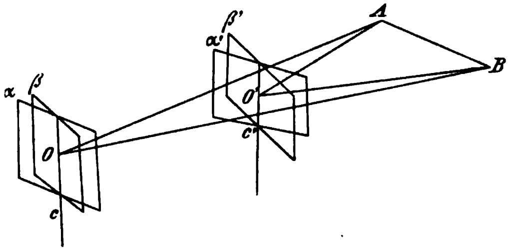


Fig. 1.

flächen, deren Ausgangspunkte auf AB liegen, werden also ein Ebenenbüschel mit der gemeinsamen Achse c bilden. Ebenso erhalten wir in einem zweiten Punkte O' ein Ebenenbüschel mit der Achse c', aber die Ebenen, welche denselben Punkten auf der Geraden AB entsprechen, werden miteinander im allgemeinen andere Winkel einschließen. Die Punkte auf AB sind aber zu den nach O und O' gezogenen Strahlen projektiv und diese sind wieder projektiv zu den Ebenen durch c und c'; daher sind auch die durch diese beiden Achsen gelegten Ebenenbüschel zueinander projektiv.

Betrachten wir dann die Erscheinung, welche eintritt, wenn drei punktförmige Lichtquellen A, B und C ein Dreieck bilden (Fig. 2). In diesem Falle werden die in O eintreffenden Wellenflächen Tangentialebenen besitzen, welche miteinander eine räumliche Ecke bilden, deren Kanten a, b und c bezw. auf den Ebenen OBC, OCA und OAB senkrecht stehen. Nehmen wir ferner an, daß nicht nur von den Ecken dieses Dreieckes, sondern auch von vielen anderen auf den Dreiecksseiten liegenden Punkten kugelförmige Lichtwellen ausgehen, so werden die Geraden a, b und c zu Trägern von Ebenenbüscheln, die zu den Lichtpunkten auf den Dreiecksseiten projektiv sind. In allen benachbarten Punkten $O'O''$... erhalten wir ebenfalls räumliche Ecken, deren Kanten a', b', c' ... a'', b'', c'', ... die Achsen neuer Ebenenbüschel bilden, die insgesamt zu den Ebenenbüscheln um a, b und c projektiv sind. So ergeben sich für alle von den Seiten eines Dreieckes ABC ausgehenden Lichtwellen projektive Systeme von Ebenen durch sämtliche Punkte O, O', O''..., welche auch untereinander projektiv sind. Hätten wir endlich noch einen vierten Punkt D, der auf keiner der früheren Dreiecksseiten liegt, so können wir auch für alle Lichtpunkte auf den Seiten dieses Dreieckes ABD projektive Ebenenbüschel konstruieren. Wie mit C und D können wir aber mit jedem Punkte einer durch AB gelegten Ebene F verfahren und gelangen so zu einem von O ausgehenden Ebenenbündel und alle von einer Geraden g dieser Ebene F ausgehenden Wellenflächen haben Tangentialebenen durch O, O', O''..., die zur Punktreihe auf g projektiv sind.

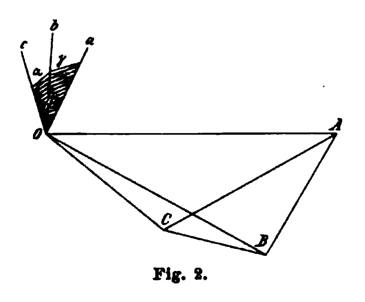


Fig. 2.

Das dem Punkte O entsprechende Ebenenbündel steht zu allen nach diesem Punkte konvergierenden Strahlen in einer eindeutig definierten Beziehung. Ebenso kann jeder andere Punkt des Raumes als Träger eines solchen Ebenenbündels aufgefaßt werden, nur wird die gegenseitige Lage der Ebenen entsprechend der verschiedenen Krümmung der einzelnen Wellenflächen im allgemeinen eine andere sein.

Wir haben bisher stillschweigend vorausgesetzt, daß sich die Lichtwellen in einem durchwegs isotropen Medium ausbreiten. Wenn sich dagegen die Punkte O, O', O''... in einem anderen Medium befinden als die leuchtenden Punkte A, B, C..., so wird der Zusammenhang zwischen den Ebenenbündeln der verschiedenen Punkte auch von der Form der Grenzfläche beider Medien abhängen. Der Raum, in dem sich alle diese Punkte befinden, kann ferner von einem Medium erfüllt sein, dessen Brechungsverhältnisse sich von Punkt zu Punkt ändern, wie es allerdings im geringen Grade bei der Atmosphäre der Fall ist, oder die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes kann endlich auch nach verschiedenen Richtungen verschieden sein, wie bei Krystallen, die nicht dem tesseralen Systeme angehören. In allen diesen Fällen wird der Zusammenhang zwischen den Ebenenbündeln und den Strahlenrichtungen ein komplizierterer sein, aber ihre Elementarebenen stehen immer zur Lichtverteilung in der Umgebung in einem bestimmten Zusammenhange und können daher als ein „Bild“ derselben betrachtet werden.

Während aber z. B. ein photographisches „Negativ“ dem Originale gegenüber Helligkeits-, Farben- und Größenunterschiede aufweist, aber das Punktsystem des Originals wieder als ein Punktsystem abbildet, tritt beim obenerwähnten Ebenenbündel an die Stelle des Punktsystems das Flächensystem und daher wollen wir ein solches Bild als ein „Flächenbild“ bezeichnen. Jeder Punkt in einem durchsichtigen Medium kann also als Träger eines solchen

Flächenbildes betrachtet werden und diese Flächenbilder wechseln von Ort zu Ort in dem Maße, als die aus der Umgebung kommenden Wellenflächen ihre Lage und Krümmung ändern.

Es erübrigt noch zu zeigen, wie ein solches Flächensystem durch Brechung an der Oberfläche optischer Linsen in ein Punktsystem aufgelöst werden kann, wodurch wir wieder ein „Bild“ im gewöhnlichen Sinne des Wortes erhalten, und nur ein solches läßt sich durch einen Schirm auffangen oder zur Belichtung einer photographischen Platte verwenden. Aus Fig. 3 ist ersichtlich, wie ein System ebener Wellenflächen durch eine konvexe Linse deformiert wird und wie die Wellenflächen nach dem Austritte aus der Linse als konzentrische Kugelflächen gegen einen festen Punkt A konvergieren. Dieses Konvergenzzentrum A liegt auf der optischen Achse der Linse, wenn die ebenen Wellenflächen vor der Brechung auf derselben senkrecht stehen; schließen sie dagegen mit der Lage der früheren Wellenfläche einen Winkel α ein, wie es die ausgezogenen Linien in Fig. 4 andeuten, so konvergieren die gebrochenen Wellenflächen nach einem außerhalb der Achse liegenden Punkt B. Wenn beide Systeme ebener Wellenflächen die Linse gleichzeitig durchsetzen, so geht durch jeden Punkt sowohl eine Fläche des einen wie auch eine des anderen Systems, nur in den Punkten A und B und ihrer nächsten Umgebung trennen sich die Wellenflächen vollständig und daher wird jeder dieser Punkte nur die Helligkeit und Farbe jener Lichtquelle zeigen,

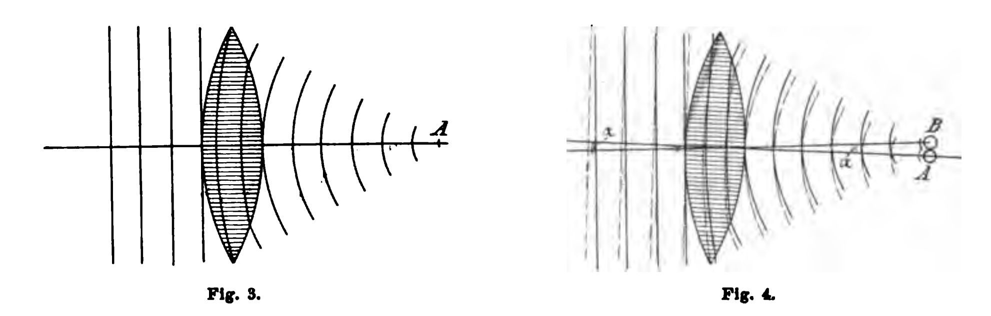


Fig. 3. Fig. 4.

welche das entsprechende Wellensystem hervorgerufen hat. Die Entwicklung der Grundgesetze der geometrischen Optik auf Grund der Veränderungen der Wellenfläche in einem linsenförmig begrenzten Medium hat der Verfasser in seiner „Naturlehre“[1]) konsequent durchgeführt und ihren Zusammenhang mit den üblichen Formeln und Konstruktionen, ohne die Dicke der Linse zu vernachlässigen, auseinandergesetzt.

Bei dieser Behandlung kommt auch der Unterschied zwischen wirklichen und imaginären Bildern besonders klar zum Vorschein, weil letztere nicht negativ, nämlich als nicht existierende Strahlengebilde, sondern positiv, nämlich als Flächenbilder definiert werden, und diese lassen sich auf einem Schirme nicht auffangen, weil sie eben nicht ein System von Punkten liefern, deren jeder nur Wellen einer Art enthält. Man könnte letztere im Gegensatz zu ersteren als Punktbilder charakterisieren.

Der optische Apparat des Auges vermag nicht nur Systeme ebener Wellenflächen so zu deformieren, daß sie sich auf der Horopterfläche in Punktsysteme auflösen, sondern er erzielt diese Wirkung auch bei Wellenflächen mit konvexer Krümmung und besitzt daher auch die Fähigkeit, die imaginären Bilder in der Lupe, im Mikroskope und im Fernrohre als wirkliche Bilder auf die Netzhaut zu werfen. Beim photographischen Apparate besorgt das Objektiv die Verwandlung der Flächenbilder in Punktbilder, die dann zur Belichtung der Platte verwendet werden und durch die Behandlung mit dem Entwickler ein neues Objekt liefern, das dem Originale nach Form und Helligkeit ähnlich ist.

---

[1]) „Naturlehre“ von Dr. Al. Lanner, Verlag von Josef Roth, München und Wien 1902.

Zwei Apparate zur Vorführung elektromagnetischer Rotationserscheinungen[1]).

Von

Dr. **Karl Ulsch.**

(Laboratorium der Kgl. Akademie Weihenstephan bei Freising.)

Die klassischen Apparate Faradays und das Barlowsche Rad, welche zur Demonstration der elektromagnetischen Rotationserscheinungen angewendet zu werden pflegen, zeichnen sich durch die Einfachheit ihrer Zusammenstellung aus; sie lassen aber nicht mit der Deutlichkeit, wie sie namentlich für die Zwecke des Unterrichts erwünscht wäre, erkennen, daß es sich im wesentlichen um die gleiche Fundamentalerscheinung handelt, die man in der Lehre vom Elektromagnetismus voranzustellen pflegt — die Ablenkung der Magnetnadel durch den Strom. Die Apparate, welche im folgenden beschrieben werden sollen, haben denn auch die Versuchsanordnung zum Vorbild, durch welche in der Regel die Ablenkung der Magnetnadel gezeigt wird.

I. Denkt man sich den Magnetstab *N S* (Fig. 1) innerhalb eines vierseitigen Rahmens um *a b* drehbar, so erfolgt die Ablenkung desselben in bekannter Weise, sobald durch den Rahmen ein Strom fließt. Ist aber der Magnet fest und der Rahmen drehbar, so wird letzterer durch den Strom in entsprechendem Sinne abgelenkt, und die nämliche Ablenkung würde bei gleicher Stromrichtung jeder einzelne frei bewegliche Teil des Rahmens für sich allein erfahren, wenn die übrigen Teile fest bleiben würden. So wird z. B. die linke Rahmenhälfte, falls dieselbe um *a b* drehbar ist, allein abgelenkt werden, wenn die rechte Hälfte fest bleibt. Eine völlige Umdrehung der beweglichen Hälfte wäre jedoch zunächst nicht möglich, weil die begonnene Drehung auf halbem Wege durch die entgegengesetzte Wirkung des Magnetpoles *S* aufgehalten wird. Beseitigt man nun aber die hemmende Wirkung dieses Poles dadurch, daß man die rechte Hälfte des Magnetstabes senkrecht abbiegt, so ist damit das Schema für die Hervorbringung einer dauernden Rotation gegeben. Es muß nur noch die linke Rahmenhälfte etwas kleiner sein als die rechte, damit sie durch letztere im Verlaufe der Drehung ungehindert passieren kann.

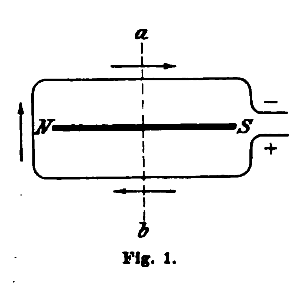


Fig. 1.

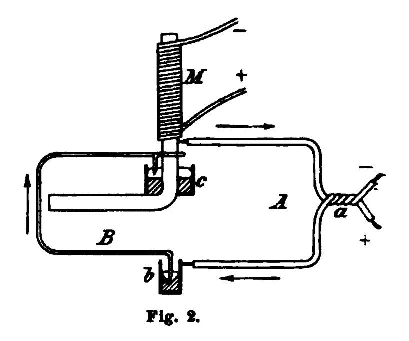


Fig. 2.

Die Ausführung des Apparates kann demnach sehr einfach in folgender Weise geschehen (Fig. 2). Aus zwei Stücken starken, gut isolierten Kupferdrahts, dessen Enden bei *a* fest umeinander gewickelt sind, fertigt man den Bügel *A*. An das eine noch freie Drahtende ist ein Quecksilbernapf *b*, an das andere der Elektromagnet *M* angelötet, dessen Schenkel im rechten Winkel zu einander stehen. Dicht über der Biegungsstelle ist der Elektromagnet von dem Quecksilbernapf *c* umgeben, welcher aus einer durchbohrten Holz- oder Korkscheibe mit passend umgelegtem Rand hergestellt werden kann. Dieser Quecksilbernapf wird auf den Magnetkern fest aufgesteckt, bevor man diesen an den Bügel *A* festlötet. Zuletzt wird der aufrecht stehende Magnetschenkel mit einer oder zwei Lagen nicht zu schwachen Drahtes dicht bewickelt.

Der bewegliche Teil des Apparates besteht aus dem Kupferdrahtbügel *B*. Mit Rücksicht auf geringes Gewicht und leichte Beweglichkeit ist derselbe aus schwächerem Draht gefertigt.

[1]) Die Apparate haben der Redaktion vorgelegen und sind im Verein z. Förd. des physikal. Unterrichts zu Berlin vorgeführt worden.

Das eine spitz zugefeilte Ende dieses Bügels ist senkrecht abwärts gebogen und findet seinen Stützpunkt in dem Quecksilbernapf *b*. Das andere Ende ist zu einem geräumigen Haken gebogen, dessen Öffnung so weit ist, daß er oberhalb des Quecksilbernapfes *c* frei beweglich um den aufrechten Magnetschenkel gelegt werden kann; so erhält der bewegliche Bügel seinen oberen Stützpunkt. Das Ende des Hakens ist ebenfalls gut zugespitzt und senkrecht nach abwärts gebogen, so daß es bei der Drehung des Bügels ständig in das Quecksilber des Napfes *c* eintauchen kann. Es versteht sich, daß der Elektromagnet kräftig erregt und der Rahmen von einem starken Strom durchflossen sein muß.

II. Auch dem folgenden Apparat ist das Schema der Fig. 1 zu Grunde gelegt, und auch hier wird kontinuierliche Drehung durch Abtrennung eines entsprechend beweglichen Rahmenteiles hervorgerufen. Während aber bei Apparat I die Teilung des Rahmens in eine linke und rechte Hälfte durch die Vertikale *a b* erfolgte, ist hier der Schnitt in der Magnetachse *c d* geführt zu denken, derart, daß der Rahmen in eine obere und untere Hälfte zerfällt (Fig. 3). Denkt man sich vorläufig den Stromweg noch ununterbrochen, die obere Rahmenhälfte um die Vertikalachse *a b* drehbar, die untere Hälfte hingegen fest, so wird die obere Hälfte bei Stromschluß einen Impuls erfahren, der zu einer Lösung der Stromverbindung bei *c* und *d* führen muß. War der Antrieb kräftig genug, so werden die Unterbrechungsstellen bei *c* und *d* nach einer halben Umdrehung der oberen Rahmenhälfte alsbald wieder überbrückt, wodurch ein neuer Impuls in gleicher Richtung die Wiederholung des Spiels veranlaßt. Es muß also eine anhaltende Rotation der oberen Rahmenhälfte eintreten.

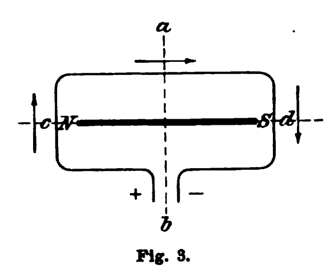


Fig. 3.

Der Apparat läßt sich mit geringen Mitteln in folgender Weise zusammenstellen. Auf ein quadratisches Brettchen (Fig. 4) sind die Metallstreifen *A* und *B* aufgeschraubt, welche außen mit den Quecksilbernäpfen *a* und *b*, innen mit der Stromzuleitung *c* versehen sind. Über den beiden Blechstreifen, in der Längsrichtung derselben, ist der stabförmige Elektromagnet *M* gelagert; er ist vermittelst untergelegter, ausgehöhlter Korkstückchen in passender Höhe angebracht und in der Mitte durch einen Blechbügel mit Schrauben auf der Unterlage festgehalten. Dieser Blechbügel trägt oben ein ca. $2^1/_2$ cm langes zugespitztes Stahlstäbchen, als welches sich das Ende einer starken Stricknadel ganz gut eignet. Auf dieser Stahlspitze schwebt der Kupferstreifen *C* vermittelst eines Glasröhrchens, welches oben zugeschmolzen ist und so eine Art Hütchen bildet; das Röhrchen ist nahezu $2^1/_2$ cm lang und nur wenig weiter, als das Stahlstäbchen dick ist. Dadurch wird leichte Drehbarkeit des Streifens *C* mit guter Führung auf der Achse vereinigt. Die Befestigung des Glasröhrchens in der Bohrung des Streifens *C* geschieht durch Einkitten mit Siegellack. Die Enden von *C* sind nach abwärts gebogen und gut zugeschärft, so daß sie das Quecksilber in *a* und *b* bei der Drehung leicht durchschneiden können. Das Quecksilber muß natürlich genügend hoch stehen, so daß die Enden von *C* eintauchen können, ohne bei der Drehung den Rand der Quecksilbernäpfe zu berühren. Das Brettchen, welches den ganzen Apparat trägt, ist zweckmäßig mit überragenden Holzleisten eingefaßt, so daß einer Verbreitung verschütteten Quecksilbers vorgebeugt wird.

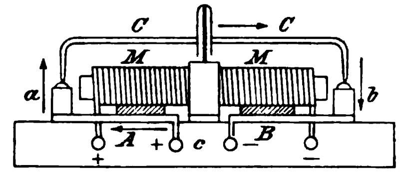


Fig. 4.

Obwohl nun in dem System dieses Apparates die Stromrichtung immer dieselbe bleibt, so ist derselbe streng genommen dennoch ein Kommutatorapparat, allerdings allereinfachster Art. Denn nach einer halben Umdrehung haben die Endpunkte der oberen Rahmenhälfte ihre Plätze vertauscht, so daß dieses Leiterstück nunmehr tatsächlich in entgegengesetzter Richtung vom Strom durchflossen wird.

Es liegt aber nahe, statt des einen Metallstreifens *C* deren mehrere gekreuzte oder endlich eine volle Scheibe in Anwendung zu bringen. So entsteht eine Vorrichtung, welche

dem Barlowschen Rade ähnlich ist. Die Scheibe wird aus ganz dünnem Kupferblech gefertigt und, wie beschrieben, vermittelst eines eingekitteten Glasröhrchens leicht drehbar über dem Elektromagnet angebracht. Der Rand der Scheibe ist nach abwärts umgebogen, so daß er bei der Drehung kontinuierlich in das Quecksilber der Näpfe eintaucht. Der Gang erfolgt so völlig funkenfrei. Auch in dieser Form arbeitet der Apparat noch mit Kommutation; dies ist das Eigentümliche desselben, denn der Stromübergang erfolgt hier zwischen zwei diametral gegenüberliegenden Punkten der Scheibe, während er beim Barlowschen Rad in der gewöhnlichen Anordnung zwischen dem Zentrum und einem Punkt der Peripherie stattfindet, wobei ein und derselbe Radius seinen vollen Strom immer erst nach einer ganzen Umdrehung und immer in gleicher Richtung erhält.

Apparat zur Demonstration der Wirkungsweise der elektrischen Sicherungen bei Kurzschlufs.

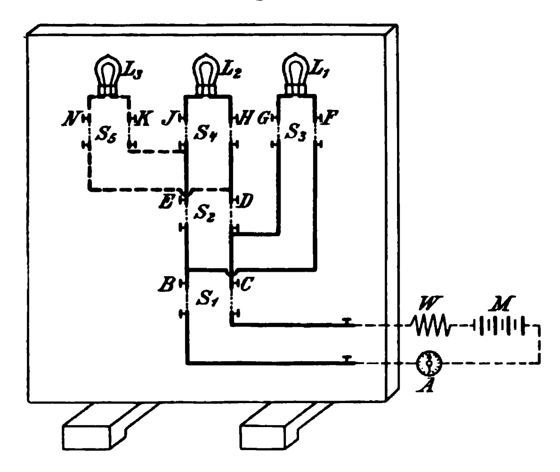
Von

Dr. **Penseler** in Blankenese.

Um die Wirkungsweise der elektrischen Starkstromsicherungen bei Kurzschluß und zugleich die Stromverteilung in einem Lichtleitungsnetz — Zweileiter — zu veranschaulichen, benutze ich folgenden Apparat[1]).

Auf einem senkrecht stehenden Brette ist, wie die Figur andeutet, ein Netz von Leitungen nach Art des Zweileitersystems ausgespannt.

Stellt man sich das Leitungsnetz aus umsponnenem Kupferdraht her, so tut man gut, drei verschiedenfarbige Drähte zur Unterscheidung der drei Zweigleitungen zu verwenden.



In jede Zweigleitung ist eine Glühlampe L eingeschaltet, als Repräsentant für die Gesamtheit der in diesen Zweig parallel eingeschalteten Lampen. An den Stellen S_1 bis S_5, also jedesmal nach einer Stromverzweigung, ist der Leitungsdraht unterbrochen, hier werden äußerst feine Eisendrähte eingeklemmt, die die doppelpoligen Sicherungen vertreten sollen. Die Hauptstromsicherung S_1 ist dicker als die S_2 und diese wieder stärker als die sehr dünnen Einzelsicherungen S_3 bis S_5.

Versuch 1. Werden die Enden dieses Leitungssystems mit den Polen einer kräftigen Batterie M verbunden, so müssen bei passender Wahl der Lampen und der Sicherungsdrähte alle 3 Glühlampen mit normaler Helligkeit brennen.

Versuch 2. Jetzt wird zwischen den Punkten B und C der Hauptleitung Kurzschluß hergestellt. Besteht die Leitung aus blankem Kupferdraht, so kann man den Kurzschluß einfach dadurch bewirken, daß man quer über die beiden Leitungsarme einen dickeren blanken Kupferdraht legt. Nun fließt wegen des äußerst geringen Widerstandes fast der gesamte Strom durch die Brücke CB, er bewirkt, daß sämtliche Lampen erlöschen und die Sicherung S_1 unter dem Einfluß des ungeschwächten Stromes schmilzt. Daß nach Eintritt des Kurzschlußes ein weit stärkerer Strom die Hauptleitung durchfließt, erkennt man an dem Ausschlagen der Nadel eines Ampèremeters, das bei A in den Stromkreis eingeschaltet ist.

---

[1]) Dieser Apparat ist von der Firma Max Kohl in Chemnitz zu beziehen.

Versuch 3. In der eben beschriebenen Form entspricht der Versuch nicht ganz der Wirklichkeit, denn bei eintretendem Kurzschluß werden in der Regel die Lampen einer Elektrizitätsanlage nur etwas dunkler brennen, aber nicht vollständig ausgehen. Da nämlich alle Lampen — es sind deren bei großen Anlagen tausend und noch mehr — parallel geschaltet sind, so ist ihr Gesamtwiderstand nicht so sehr groß, und der Kurzschluß BC wird daher keine so extreme Wirkung haben können wie in Versuch 2, er wird nur veranlassen, daß alle Lampen etwas geringere Spannung erhalten. Man kann aber auch diese Verhältnisse recht gut bei unserm Apparat zur Anschauung bringen, wenn man den Kurzschluß statt durch einen dicken Kupferdraht durch einen dünneren Eisendraht, dessen Leitungswiderstand wesentlich größer ist, hervorruft. Dann werden die Lampen L_1 bis L_3 auch nicht mehr ganz verlöschen.

Versuch 4. Nach Widerherstellung der Sicherung S_1 ruft man bei den Stellen E und D Kurzschluß hervor, und zwar, um die Wirkung recht deutlich zu machen, mittels eines Kupferdrahtes. Wieder verlöschen zuerst alle Lampen, dann schmilzt Sicherung S_2 durch, da sie schwächer als S_1 ist. Nach dem Durchbrennen der Sicherung S_2 durchfließt der Strom allein den rechten Leitungszweig, die Lampe L_1 leuchtet mit weit größerer Lichtstärke wieder auf. Infolge des übernormalen Stromes brennt nun auch bald nach dem Aufflammen der Lampe L_1 die Sicherung S_3 durch, worauf L_1 endgültig erlischt.

Versuch 5. Um nun zu zeigen, daß beim Fehlen der Sicherung S_3 die Lampe L_1 stark gefährdet ist, sobald bei ED Kurzschluß sich eingestellt hat, ersetzt man die feinen Eisendrähte S_3 durch dicke Kupferdrähte, dann wird nach kurzer Zeit der Kohlenfaden der Lampe L_1 durch den überstarken Strom zerstäubt werden.

Versuch 6. Wenn man an einer der Stellen FG, HJ, KN beispielsweise FG Kurzschluß eintreten läßt, so erlöschen zuerst — resp. brennen dunkler — alle Lampen, darauf brennt Sicherung S_3 durch und alsdann leuchten L_2 und L_3 mit etwas vermehrtem Glanze wieder auf.

Die Versuche 4, 5 und 6 können leicht zu Mißverständnissen Anlaß geben, sie bedürfen daher noch einiger Erläuterungen. Die Erscheinungen spielen sich in der Praxis bei großen Elektrizitätsanlagen nicht ganz so ab, wie eben geschildert. Um ein gleichmäßiges Leuchten der Glühlampen zu erzielen, wird von der elektrischen Zentrale aus stets für konstante Netzspannung gesorgt, entweder durch Hand- oder selbsttätige Regulierung, indem je nach Bedarf eine Anzahl Akkumulatorenzellen ein- oder ausgeschaltet werden. So erreicht man, daß alle Lampen, selbst nach dem Durchbrennen einer Zweigsicherung oder dem Ausschalten einer Anzahl von Lampen, noch mit gleicher Helligkeit brennen, solange nämlich der innere Widerstand der Maschine oder der Batterie und der Leitungswiderstand außer Betracht gelassen werden kann, und in der Regel kann das ohne Fehler geschehen. Ist aber der Widerstand der Batterie und des Leitungsnetzes wie bei unserm Apparat nicht ganz zu vernachlässigen, dann brennen allerdings, wie gezeigt wurde, die übrigen Lampen heller. Das ergibt sich durch einfache Überlegung aus dem Ohmschen Gesetze.

Es sei e die konstant erhaltene Netzspannung, W_e der Widerstand einer Lampe, W_z der Widerstand einer Zweigleitung, W_i der innere Widerstand der Batterie. Unter diesen Voraussetzungen ist, sobald alle 3 Lampen des Apparates brennen, die Gesamtstromstärke nach dem Ohmschen Gesetz:

$$J = \frac{e}{\frac{W_e}{3} + \frac{W_z}{3} + W_i}.$$

Also der Strom, der durch eine Lampe hindurch geht, gleich dem dritten Teil:

$$1) \qquad J_1 = \frac{e}{W_e + W_z + 3\,W_i}.$$

Werden 2 Lampen gebrannt, so ist jetzt der Gesamtstrom:

$$J = \frac{e}{\frac{W_e}{2} + \frac{W_z}{2} + W_i}.$$

Also erhält die Einzellampe nur einen Strom

$$2)\qquad J_1 = \frac{e}{W_e + W_z + 2W_i}.$$

Ist schließlich nur eine Lampe, z. B. L_1 in Brand, so wird sie von einem Strome

$$3)\qquad J_1 = \frac{e}{W_e + W_z + W_i}$$

gespeist.

Der Vergleich der drei Ausdrücke lehrt nun sofort, daß bei Vernachlässigung des Leitungs- und Batteriewiderstandes die Stromstärke gleich $J = \frac{e}{W_e}$ ist, also stets die gleiche ist, folglich auch die Helligkeit einer Lampe stets konstant ist, gleichgültig ob eine oder mehrere Lampen brennen.

Sobald aber der Batteriewiderstand in Rechnung gezogen werden muß, dann erhält die einzeln brennende Lampe (*3*) einen stärkeren Strom als die zu zweien brennende Lampe (*2*) und diese wieder einen stärkeren Strom als die zu dreien brennende Lampe (*1*). Diese Tatsache zeigte der Versuch 4 und 6. Bestätigt wird sie noch durch die Ablesungen am vorgeschalteten Amperemeter, das z. B. bei meinen Versuchen einen Stromverbrauch von 2, $2^1/_4$ und 3 Amp. für eine Lampe anzeigte.

So ist es möglich, an der Hand dieses Apparates dem Schüler ein deutliches Bild von der Stromverteilung in einem Lichtleitungsnetze und von der Wirkung der Sicherungen bei Kurzschluß zu geben.

Die Sicherungen S_1 und S_2 brauchen zum Gelingen der Versuche nicht so sorgfältig gewählt zu werden, dagegen müssen die Sicherungen S_3, S_4, S_5 genau abgepaßt sein. Hat man für diese nicht hinreichend dünne Eisendrähte zur Verfügung, so kann man einen etwas zu dicken Eisendraht durch längeres Ausglühen schließlich brauchbar machen.

Statt der Eisendrähte lassen sich natürlich auch Silber oder sonstige Metalldrähte verwenden, wie es ja in der Praxis tatsächlich geschieht, doch ist die Erscheinung des Durchschmelzens dann nicht so deutlich.

Um eine passende Stromstärke zu erhalten, kann man bei W einen regulierbaren Widerstand einschalten. Würde man diesen dann weglassen, so würde ein für die Lampen zu starker Strom die Leitung durchfließen und man könnte auch auf diese Weise die Wirkung der Sicherungen zeigen. Besonders anschaulich wird der Nutzen der Sicherungen bei diesem Versuch dann hervortreten, wenn man die eine Einzelsicherung, z. B. S_3, durch Kupferdrähte ersetzt; denn während jetzt die Sicherungen S_4 und S_5 durchschmelzen und daher die Lampen L_2 und L_3 unversehrt bleiben, wird die ungeschützte Lampe L_1 zerstört werden.

Physikalische Aufgaben.

1. Noch eine Bemerkung zur „Kugelschwebe" (ds. Zeitschr. *XV 216*). Die von Herrn Grimsehl gebotene Formel ist unvollständig entwickelt Sie lautet in etwas einfacherer Schreibweise: $rw^2 = g \operatorname{tg} \alpha$. Wenn R den Radius der Schale, ϱ den Radius der Kugel bezeichnet, dann ist $r = (R - \varrho) \sin \alpha$. Ferner ist $(R - \varrho) \cos \alpha$ gleich der Tiefe h des Kugelmittelpunktes unter dem Schalenmittelpunkt. Hieraus ergibt sich: $h = \frac{g}{w^2}$.

Da h nur von g und w abhängt, werden alle Kugelmittelpunkte in dieselbe horizontale Ebene in der Tiefe h unter dem Schalenmittelpunkt zu liegen kommen. Wenn also Frick-Lehmann bei der „Höhe" an die Kugelgipfelpunkte denkt, dann hat er Recht; die größeren Kugeln reichen in größere Höhen. Ferner hat Herr Grimsehl unrecht, wenn er sagt, die Kugeln steigen gleich hoch „unter der besonderen Voraussetzung, daß sie gleich groß sind". Für die Kugelmittelpunkte (die er offenbar vor Augen hat, indem er die Kugel in der Zeichnung durch einen Punkt ersetzt) gilt diese Beschränkung nicht. *K. Fuchs*, Preßburg.

2. Zu der Aufgabe über das Bremsen von Eisenbahnzügen (*XV 215 und 349*) ist Folgendes zu bemerken:

Wenn während des Bremsens ein aufgehängtes Pendel eine neue Gleichgewichtslage annimmt, so geschieht dies nur durch Dämpfung seiner Schwingungen infolge von Reibung und Luftwiderstand. Auf solche Kräfte ist aber bei Anwendung des Satzes von der lebendigen Kraft keine Rücksicht genommen, daher ist das Resultat auf S. 349 falsch.

Das ergibt sich auch daraus, daß in dem Ausdruck für $\sin {}^1/_2\, \alpha$ die mittlere Geschwindigkeit der ersten Sekunde vorkommt. Mit demselben Recht könnte die mittlere Geschwindigkeit für die erste Minute oder die erste Tertie auftreten. Ferner hat die von der Bremskraft erteilte Beschleunigung w gleiche Dimensionen wie die Schwerebeschleunigung g, v_m hat die Dimension $l.t^{-1}$, also hat $v_m . w/2gr$ die Dimension t^{-1}, kann daher nicht gleich einer reinen Zahl, $\sin {}^1/_2\, \alpha^2$, sein. Auf die Lage des Schwerpunkts, der um die Strecke r von dem Aufhängepunkt entfernt sein soll, kommt es überhaupt nicht an. Fadenpendel und Stäbe, mathematische und physikalische Pendel stellen sich gleich schief. — Nehmen wir an, das Pendel habe sich während des Bremsens beruhigt und hänge um den Winkel α schief, dem Aufhängepunkt in der Fahrrichtung vorangehend. Auf den Schwerpunkt wirkt die Schwere mit der Beschleunigung g abwärts, ferner die Spannung des Fadens in der Richtung α schräg aufwärts, beide müssen sich zu einer Resultante vereinigen, welche horizontal, gegen die Fahrrichtung, dieselbe Beschleunigung w dem Pendel erteilt, die durch die Bremsen seinem Aufhängepunkt und dem ganzen Zuge erteilt wird. Sonst könnte das Pendel nicht in der angenommenen Lage verharren. Aus dem Parallelogramm der Kräfte folgt $\operatorname{tg} \alpha = w/g$. Ist die Geschwindigkeit $v = 10$ (m sec^{-1}) und wird in 20^s der Zug zum Stehen gebracht, so ist $w = 0{,}5$ (m sec^{-2}), $\operatorname{tg} \alpha = {}^1/_{20}$, $\alpha = 3^0$.

Dieselbe Formel gilt, wenn ein Zug mit der Geschwindigkeit v (= 6) eine längere Kurve vom Radius r (= 90) durchfährt. Nach Dämpfung der Schwingungen hängt das Pendel nach außen schief um den Winkel α, es wirkt dann eine Zentripetalbeschleunigung $w = v^2/r = 0{,}4$, sie ist die Resultante der Beschleunigungen der Fadenspannung und der Schwere, also $\operatorname{tg} \alpha = w/g = {}^1/_{25}$, $\alpha = 2^0$.

Die beschriebenen Erscheinungen sind sehr gut an der Berliner Hochbahn zu beobachten, viel schlechter wegen der beständigen Stöße an Eisenbahnen. Ein Mensch, der im Wagen steht, kommt, wenn das Bremsen oder die Kurve beginnt, in Gefahr nach vorn oder außen zu fallen, er korrigiert daher seine Haltung, indem er sich zurück oder nach innen neigt, und fühlt sich erst wieder sicher, wenn seine neue Haltung labilen Gleichgewichts parallel ist zu der stabilen Lage des Pendels. Was für das Pendel die Spannung des Fadens, das leistet dem stehenden Menschen der in seiner Achse wirkende Gegendruck des Fußbodens. Ist bei solcher Haltung des Pendels und des Fahrgastes die Geschwindigkeit 0 erreicht, so fällt die Bremskraft weg, das Pendel schwingt, der Fahrrichtung entgegen, in seine Gleichgewichtslage zurück, auch darüber hinaus, der Fahrgast gerät in Gefahr, bei seiner schiefen Haltung nach derselben Seite zu fallen. *M. Koppe*, Berlin.

3. In dieser Zeitschr. (*XIII 330*, vergl. *XIV 290*) hat Herr F. Körber die Auflösung der Aufgabe 544 meiner Aufgabensammlung — „Bis zu welcher Temperatur wird trockene Luft von 15° abgekühlt, wenn sie von der Meereshöhe aus 300 m in die Höhe steigt" — beanstandet, weil dabei die sogen. Poissonsche Gleichung (das potenzierte Mariottesche Gesetz) nicht berücksichtigt sei. Diese Formel führt jedoch zu keiner auf allgemeiner bekannte Gesetze leicht zurückführbaren und dem Zwecke meiner Sammlung entsprechenden Auflösung. Ich kann sie aber durch folgende Näherungsrechnung ersetzen.

Durch die Druckverminderung von 28 mm für die Höhe von 300 m wird 1 cbm Luft vom Normaldruck von 760 mm bis zu 1,038 cbm ausgedehnt. Er leistet dabei nach dem mittleren Druck von 10 140 kg, wie ihn der Barometerstand von 746 mm bedingt, eine Arbeit von $10\,140 \times 0{,}038$ oder von 385 kgm. So werden 0,909 W.E. beansprucht, die nach der Wärmekapazität 0,307 eines Kubikmeters der sich ausdehnenden Luft eine Temperaturerniedrigung von 2,96° C. verursachen. Der nach der Hyperbelform der Ausdehnungskurve

berechnete Arbeitswert ist für kleinere Druckunterschiede wie für den vorliegenden nur sehr wenig abweichend. Sucht man die Abkühlung wie verlangt für die Anfangstemperatur von 15°, so ist die Verminderung im Gewichte der Luft durch ihre Ausdehnung im Verhältnisse 1 : 1,05 zu berücksichtigen und die Wärmekapazität nur mit 0,292 in Anrechnung zu bringen, wodurch das Resultat sich auf 3,1° erhöht. Nach Poissons Formel erhält man übereinstimmend eine Abkühlung von 3,1° für die Anfangstemperatur von 15°, dagegen 2,4° für die Anfangstemperatur von 0°.

Erfolgt das Zusammendrücken der Luft adiabatisch, also unter derselben Voraussetzung, wie sie für die Ausdehnung galt, so ergibt sich unter der Annahme eines stetigen geringen Überdruckes ein dem oben genannten gleicher Arbeitswert, wenn der Außendruck von 732 mm auf 760 mm wächst. Die Wärmekapazität von 1 cbm Luft ist aber diesmal nur mit 0,22 zu berechnen, weil die Luft sich nicht ausdehnen kann. So ergibt sich für 0° als Anfangstemperatur durch den vermehrten Druck eine Temperaturerhöhung von 4,1°. Nach Poisson berechnet beträgt sie nur 3,0°.

TRESCA fand 1853 (*Compt. rend. 36 S. 610*), daß nach dem vorhandenen Beobachtungsmaterial die nach Poisson abgeleiteten Ausdrücke für weiter reichende Druckänderungen keine richtigen Resultate ergäben, und stellte deshalb eine andere empirische Formel auf. Um ein allgemeineres Urteil darüber zu gewinnen, habe ich nun außer dem angegebenen noch einige andere Fälle verglichen und die nach den verschiedenen Methoden berechneten Zahlen zusammengestellt. Für die überall angenommene Anfangstemperatur 0° und das Druckverhältnis 1 : 2 oder 2 : 1 findet man nach Poisson in vollen Graden 61° für die Erwärmung und 50° für die Abkühlung. Berechnet man bei dieser starken Verdichtung den mittleren Druck genauer nach zwei Phasen statt nach einer, so erhält man die Arbeit von 7315 kgm (anstatt 7159 kgm nach der Hyperbelkurve). Sie macht 17,2 W.E. aus und bedingt eine Erwärmung von 78°, eine Abkühlung von 56°. Beide Zahlen kommen den durch ausführliche Näherungsrechnung zu findenden schon ziemlich nahe, selbst unter Berücksichtigung der durch die erste Temperatursteigerung veranlaßten Erhöhung des Drucks.

Bei der Ableitung der Temperaturänderungen nach der Arbeitsgröße ist überall für die Kompression $c_v = 0{,}169$ und für die Ausdehnung $c_p = 0{,}2375$ in Anrechnung gebracht, und die Resultate zeigen deshalb das Verhältnis $\frac{c_p}{c_v} = 1{,}4$. Für Poissons Werte müßte man dasselbe erwarten, aber es ergeben sich folgende Zahlen:

Druckverhältnis	Temperaturzunahme bei der Verdichtung Grad	Temperaturabnahme bei der Verdünnung Grad	Verhältnis der Temperaturänderungen
1 : 2 u. 2 : 1	61	— 50	1,22
2 : 5 u. 5 : 2	84	— 64	1,31
1 : 3 u. 3 : 1	102	— 74	1,38
3 : 10 u. 10 : 3	114	— 80	1,42
1 : 8 u. 8 : 1	227	— 124	1,83
1 : 10 u. 10 : 1	261	— 133	1,96

Wegen der schon erwähnten Übereinstimmung in der Arbeitsgröße beim Zusammenpressen und bei der Ausdehnung der Luft können die vorstehenden Werte der Wirklichkeit nicht entsprechen. Die Näherungsrechnung ergibt für geringere Druckänderungen ähnliche Abkühlungen und für größere Druckänderungen ähnliche Erwärmungen wie die vorstehende Reihe, zuerst weichen die Verdichtungswerte stärker ab und zuletzt die Verdünnungswerte. Leider gibt es für die Entscheidung nur wenig genaueres Beobachtungsmaterial. Eine größere Versuchsreihe ist m. W. nur von FAVRE und SILBERMANN veröffentlicht. (*Ann. d. Chim. et de Phys. III. S. 37, S. 480.*) Trotz der bei diesen Forschern in zahlreichen anderen Fällen anerkannten großen Zuverlässigkeit sind ihre Temperaturbestim-

mungen beim Zusammendrücken und Ausdehnen der Gase fehlerhaft ausgefallen und geben viel zu kleine Werte, beispielsweise für das Druckverhältnis 1:8 und 8:1 bei der Luft + 27,6° und — 25,4°. Es ist deshalb nicht gerechtfertigt, daß in Müller-Pouillet nach ihnen für das Druckverhältnis 1:2 und 2:1 die Zahlen + 13,2° und — 12,8° angegeben sind, und es wird ja auch im Widerspruch dagegen an einer anderen Stelle desselben Lehrbuchs die Erwärmung beim Verdichten auf $^{10}/_{9}$ zu 12° ausgerechnet. Für Sauerstoff und Luft finden Favre und Silbermann die Gradzahl der Abkühlung und Erwärmung in fünf Versuchsgruppen fast gleich, für Wasserstoff überall die Gradzahl für die Erwärmung 1,4 — 1,5 mal größer als für die Abkühlung. Beim Zusammendrücken des Wasserstoffs werden bei allen Druckverhältnissen ungleich größere (bis 1,8 mal) Temperaturerhöhungen beobachtet.

Clément hat zwar vereinzelt für kleine Druckänderungen die Werte von Poisson bestätigt, aber viele andere Beobachtungen sprechen neben den oben genannten Bedenken dagegen. Wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes wäre es deshalb sehr zu wünschen, daß der tatsächliche Vorgang durch eine neue Reihe von Versuchen innerhalb weiter Druckgrenzen möglichst sorgfältig festgestellt würde. Bis dahin erscheint die Rechnung nach der Arbeitsgröße noch am ersten zuverlässig. *W. Müller-Erzbach*, Bremen.

Denkfragen.

4. Die Denkfrage 4 (ds. Zeitschr. *XV 216*) von Herrn Adami erledigt sich wohl durch die Bemerkung, daß durch die Verschiebung der Platten der Gesamtwiderstand geändert wird, während der Satz vom Maximum der Stromstärke nur für die Verteilung eines gegebenen Widerstandes gelten kann.

5. Die Denkfrage 5 (ebenda) betrifft eine Sache, auf die ich bereits in ds. Zeitschr. *XIV 153 ff.* hingewiesen habe. Dort steht bereits (S. 155) der Satz: „Körper verschiedenen Potentials ziehen sich an". Daß das Coulombsche Gesetz deshalb falsch ist, folgt freilich nicht, da die durch Influenz hervorgerufenen Elektrizitätsmengen zu berücksichtigen sind. Vielleicht läßt sich die Sache mathematisch noch weiter verfolgen. *H. Kleinpeter*, Gmunden.

6. Der Kohlefaden einer nicht brennenden, also nicht vom Strome durchflossenen Kohlefadenglühlampe schwingt, wenn die Lampe erschüttert wird, minutenlang hin und her, während er fast momentan in Ruhe kommt, wenn die Lampe brennt. Erklärung?

Antwort: Der vom Strome durchflossene Kohlefaden erzeugt ein magnetisches Feld, innerhalb dessen die einzelnen Teile des Leiters eine elektroinduktive Dämpfung erfahren. *E. Grimsehl*, Hamburg.

7. Die Erklärung des Hebers in manchen Lehrbüchern (vergl. ds. Zeitschr. *XV 308*) gibt zu folgender Denkaufgabe Anlaß:

Eine lange Messingkette (von einer Schwarzwälder Uhr) ist über eine Rolle gelegt, die beiden Enden sind aufgespeichert in Bechergläsern B_1, B_2 und es steht B_1 tiefer als B_2. Was geschieht? Rollt die Kette nach B_1 herüber? Durch ihr Gewicht? Oder durch die Festigkeit der Kette? Inwiefern ist die Erscheinung dem Fließen bei einem Heber ähnlich?

Der Festigkeit der Kette entspricht der Zusammenhang des im Heberrohr befindlichen Wassers vermöge des Luftdrucks. *M. Koppe*, Berlin.

Kleine Mitteilungen.

Apparat zum experimentellen Nachweis des Verlaufs der Kraftlinien.

Von G. Kemna in Lüttich.

Die Kraftlinien eines Magnets sind die Bahnen, welche ein einziger Pol unter der Wirkung kombinierter magnetischer Kräfte durchlaufen würde, wenn er sich frei im magnetischen Felde bewegen könnte. Hierauf gründet sich folgende Vorrichtung.

Eine lange, prismatische, möglichst leichte Magnetnadel, *n s* (Fig. 1) (30 cm lang und 3 mm dick) wird in der Mitte mittels einer kardanischen Aufhängung (Fig. 2) zwischen zwei hölzernen Ständern befestigt. In 13 cm Entfernung liegt auf einem hölzernen Stative ein

genügend kräftiger, 18 cm langer Magnet. Der Abstand zwischen Magnet und Aufhängungsachse der Nadel ist so gerechnet, daß der Pol der Nadel vertikal über den Pol des Magnets gebracht werden kann.

Bringt man zwei gleichnamige Pole übereinander in etwa 2 cm Entfernung, zum Beispiel zwei Nordpole *n* und *N*, und läßt man die Nadel los, so beschreibt diese eine Kurve, welche nicht die Kurve der durch den Ausgangspunkt gehenden Kraftlinie ist, sondern eine an die Untenseite des Südpols reichende Spirale (Fig. 3), denn, auf Grund des Beharrungsvermögens, entfernt sich beständig die Nadel von der Kraftlinie nach außen, während die Pole *n* und *S* fortdauernd einander anziehen. Die Tangente an dieser Spiralkurve gibt, in jedem Punkte, die Richtung der Resultante der verschiedenen zusammenwirkenden Kräfte.

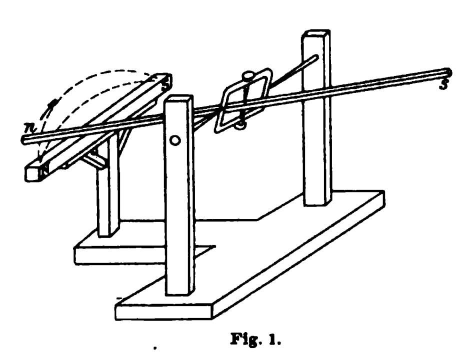
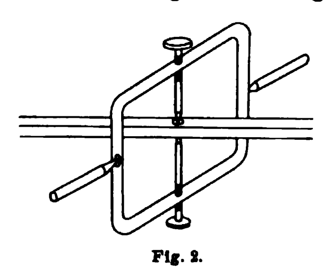


Fig. 1.

Um die Wirkung des Beharrungsvermögens zu verhindern, genügt es, die Spitzen der kardanischen Aufhängung etwas weiter einzuschrauben. Nach einigen Versuchen gelingt es die Reibungen so zu regeln, daß die Nadel sich nur bewegt, wenn man durch Klopfen mit den Fingern auf das Stativ dem ganzen Apparate kleine und schnelle Schwingungen mitteilt. Dann sieht man das Ende der Nadel langsam die parabolische Kurve der Kraftlinie beschreiben und bis an die Oberseite des Südpols des Magnets gehen.


Fig. 2.

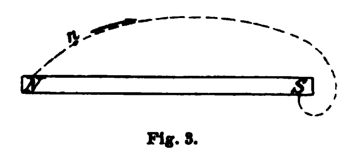


Fig. 3.

Wiederholt man den Versuch und setzt man den Nordpol der Nadel an eine andere Stelle in der Nähe des Nordpols des Magnets, so beschreibt die Nadel eine andere Kurve, welche gleichfalls bis an den Südpol des Magnets geht.

Der „freie" Fall.

Von **E. Grimsehl** in Hamburg.

Es würde uns sonderbar vorkommen, wollte jemand die Schnelligkeit eines Rennpferdes, da er mit dem Pferde nicht gleichen Schritt halten kann, daran ermessen, wie rasch das edle Roß einen schweren Ackerwagen über frisch gepflügtes Feld befördern kann. Fast ebenso sonderbar muß es einem kritisch denkenden Schüler erscheinen, wenn der Lehrer den freien Fall eines Körpers an der Atwoodschen Fallmaschine demonstriert. Tatsächlich ist die Beobachtung des „freien" Falles eine so außerordentlich einfache Sache, daß ich überzeugt bin, es genügt ein kurzer Hinweis darauf, wie man es machen kann und machen muß, damit aus dem Elementarunterricht auf der Unterstufe die Atwoodsche sogenannte Fallmaschine verschwindet.

Ähnlich urteile ich über die Benutzung der Galileischen Fallrinne. Wenn man die Fallgesetze in den allerersten Unterrichtsstunden behandeln will, noch bevor man das Parallelogrammgesetz abgeleitet hat, ist dem Schüler auch die Fallrinne noch nicht hinreichend verständlich.

Für den freien Fall muß der Schüler durch eigene Erfahrung die drei Grundgesetze kennen lernen: 1. Alle Körper fallen gleich schnell, 2. Der Fallraum in der ersten Sekunde beträgt 5 Meter, 3. Die Fallräume verhalten sich wie die Quadrate der Fallzeiten. Die Ableitung dieser drei Gesetze führe ich jetzt in folgender Weise aus:

1. Ich gehe an die Treppenbrüstung des obersten Stockwerkes unseres 16 m hohen Treppenhauses, ausgerüstet mit einem Kasten, in dem eine große Anzahl von Steinkugeln

(wie sie die Kinder zum Spielen gebrauchen, und wie sie unter dem Namen: Murmeln, Knippel, Knicker oder sonstwie bekannt sind), einige Stücke Holz von verschiedener Größe, einige Blei- und Eisenkugeln, Schrotkörner, Korken, Gummistopfen, Steine, Papier, Watte und sonstige Körper aufbewahrt sind. Die Schüler stehen neben mir oder verteilen sich an den übrigen Teilen des Treppengeländers, sodaß sie alle die Tiefe überschauen können. Unten im Treppenhause ist eine große, leere, offene Packkiste aufgestellt. Nun nehme ich einige Kugeln gleichzeitig in die Hand, öffne die Hand über der gähnenden Tiefe, und alle Schüler hören nur einen einzigen Schall beim Aufschlagen der Kugeln auf dem Boden der Kiste. Ich wiederhole denselben Versuch mit zwei gleichzeitig losgelassenen Steinkugeln von verschiedener Größe. Voll Spannung erwarten die Schüler, ob wohl eine der Kugeln früher ankommt, als die andere. Erstaunt, aber überzeugt sind sie, wenn auch die verschieden großen und verschieden schweren Kugeln nur einen Schall beim Aufschlagen erzeugen. Derselbe Versuch mit demselben Resultat wird dann mit Körpern verschiedener Art wiederholt, also mit Eisenkugeln, Bleikugeln, Steinen, Schrotkörnern; trotz ihrer verschiedenen Substanz, verschiedenen Gestalt und ihrem verschiedenen Gewicht, alle erreichen sie ihr Ziel im selben Augenblicke. — Wird auch ein Stück Papier ebenso schnell fallen, wie ein Stein? Ein ausgebreitetes Stück Papier wird mit einem Steine gleichzeitig losgelassen. Das Papier bleibt weit hinter dem Steine zurück. Die Schüler sehen, wie das ausgebreitete Papierstück ganz allmählich hin und her schaukelnd in die Tiefe geht, wenn es nicht gar auf einem Treppenabsatze liegen oder hängen bleibt. Nun wird ein größeres Papierstück genommen und möglichst genau in der Mitte durchgerissen. Die eine Hälfte wird mit der Hand zur Kugel geballt, die andere Hälfte bleibt ausgebreitet. Läßt man jetzt die gleich großen und gleich schweren Papierstücke gleichzeitig los, so erreicht das zusammengeballte Papier die Treppenhaustiefe bedeutend früher als das ausgebreitete. Jetzt wird ein möglichst dicht zusammengeballtes Papierstück mit einem Steine gleichzeitig losgelassen. Der Zeitunterschied, der vorher so bedeutend war, ist verschwindend klein geworden. Ein eigens zu diesem Zwecke aufbewahrtes wertloses Buch fällt sogar genau ebenso schnell, wie ein Stein, wenn man das Buch mit einem Faden fest zusammen bindet, während es langsamer fällt, wenn man es mit fliegenden Blättern gleichzeitig mit dem Steine losläßt. Eine ähnliche Versuchsreihe wird mit lose gezupfter und mit zusammengeballter und fest zusammengebundener Watte gemacht. Zum Schlusse läßt man ein kleines Schrotkorn zugleich mit einem großen Korken fallen. Trotz des bedeutend geringeren Gewichts des Schrotkorns kommt es etwas früher an, als der schwerere Kork. Der Schüler erkennt die Ursache für die Verlangsamung der Bewegung beim ausgebreiteten Papier, der losen Watte und dem Korke, auch ohne daß man ihm ein Wort davon sagt; weiß er doch, daß er ein Stück Papier auch auf dem Schulhofe weiter werfen kann, wenn es zusammengeballt ist, als wenn er es ausgebreitet wirft. Der Begriff des Luftwiderstandes ist ihm aus seinen Spielen zur Genüge bekannt, lange bevor man mit ihm in der Physikstunde davon spricht.

2. Als ich vor einiger Zeit die Schüler einer Oberklasse im Physikunterricht nach dem Fallraum in der ersten Sekunde fragte, wußten sie alle den Weg von 5 m anzugeben, einige berechneten den Weg sogar aus der Formel $g/2\, t^2$ und wußten auch genau den Wert für g. Auf die Frage, woher sie das wüßten, antworteten sie alle: „Das haben wir gelernt". Gesehen und beobachtet hatte es kein einziger. (Ich bemerke noch, daß diese Schüler aus vier verschiedenen Schulen herkamen.)

Ich lasse die Messung des Fallraums in folgender Weise ausführen: (Bei genügender Zeit müssen die Schüler selbst die Versuche machen.) Das Sekundenpendel wird in Gang gesetzt. Beim Schlage des Pendels wird eine Kugel in 1 m Höhe losgelassen. Die Schüler hören, daß die Kugel früher aufschlägt, als der nächste Schlag des Pendels erfolgt. Dann steige ich oder einer der Schüler auf den Stuhl, zuletzt auf den Tisch und derselbe Versuch wird aus 2 und 3 Meter Höhe ausgeführt, zuletzt mit möglichst hochgehobenem Arme. Zwar klappen die beiden Schalle der auffallenden Kugel und des Pendels besser zusammen, doch reicht die Fallhöhe zum völligen Zusammenfallen noch nicht aus. Nun wird derselbe Ver-

auch im Treppenhause wiederholt, wo wieder die Kiste bereit steht zum Auffangen der fallenden Kugeln und zur Erzeugung eines hörbaren Schalles. Wir beginnen mit ungefähr 10 m Fallhöhe, es tritt jetzt der zweite Schall des Sekundenpendels bedeutend früher ein, als die Kugel unten aufschlägt. Nach vielem Probieren überzeugen sich die Schüler durch eigene Versuche, wenn es die Zeit erlaubt, sonst durch die von mir ausgeführten Fallversuche, daß bei 5 m Fallhöhe die beiden Geräusche von Pendel und Fallkugel zusammenfallen. Es mag noch erwähnt werden, daß man sich erst eine gewisse Übung angewöhnen muß, die Kugel wirklich in demselben Augenblicke loszulassen, in dem das Pendel schlägt. Man muß den Takt des Pendels gewissermaßen mit den Fingerspitzen, mit denen man die Kugel hält und losläßt, zählen. Ferner ist es empfehlenswert, die fallende Kugel nicht mit den Augen zu verfolgen, sondern nur nach dem Aufschlagen zu urteilen. Wenn die Schüler selbst diese Versuche ausführen, müssen sie besonders darauf aufmerksam gemacht werden. Unmusikalische Schüler sind zu diesen Versuchen nicht brauchbar.

3. Auch das Gesetz der Fallräume läßt sich beim „freien" Fall leicht nachweisen, wenn man als Zeiteinheit nicht gerade eine Sekunde wählt, weil ja dann für 2 Zeiteinheiten 20 m herauskommen. Ich benutze zu diesen Versuchen als Zeitmesser das Metronom, bei dem ich das Laufgewicht auf 132 stelle. Diese Zahl gibt die Schwingungszahl in einer Minute an. Es beträgt also die Schwingungszeit für eine Schwingung 0,45 Sekunden. In dieser Zeit durchläuft ein freifallender Körper den Weg von 1 m. Innerhalb des Lehrzimmers oder des Klassenzimmers zeige ich den Schülern, daß bei dieser willkürlich gewählten Zeiteinheit der Fallraum in einer Zeiteinheit 1 m beträgt, daß aber bei 2 m Fallhöhe die fallende Kugel früher ankommt, als der zweite Pendelschlag (nach dem nullten) erfolgt. Nun gehen wir wieder in das Treppenhaus und steigen von unten an Stufe zu Stufe höher, immer aufs neue Fallkugeln loslassend. Mit einer mich selbst bei Ausführung meiner ersten Versuchsreihe verblüffenden Genauigkeit beobachtet man die Fallräume von 4, 9, 16 Metern in 2, 3, 4 Zeiteinheiten. Ich habe die Beobachtungen bei den praktischen physikalischen Schülerübungen von den Schülern ausführen lassen, ohne ihnen vorher von der Wahl der Zeiteinheit oder über sonst irgend eine Größe eine Angabe zu machen. Die Beobachtungen der Schüler wichen auch bei den größeren Fallhöhen nicht mehr als $^1/_2$ Meter von dem wirklichen Werte ab. Bedenkt man, mit welchen einfachen Hilfsmitteln diese Versuche ausgeführt sind, so kann man keine größere Genauigkeit erwarten. Aber eine größere Genauigkeit ist auch nicht nötig, um die Schüler das Gesetz der Fallräume selbständig aus den Beobachtungen entwickeln zu lassen.

Dieselben Schüler, die mir früher auf meine Frage, woher sie ihre Kenntnisse von den Fallgesetzen hätten, antworteten: „Das haben wir gelernt", antworten mir jetzt: „Das haben wir ja selbst bei unseren Beobachtungen erfahren". Nach diesen Versuchen kann man die mathematische Ableitung der Fallgesetze getrost aus der Physikstunde in die Mathematikstunde verlegen, wo sie hübsche Beispiele für die Anwendung der arithmetischen Reihe liefert.

Versuche mit einfachen Mitteln.

5. **Otto Richter** in Leipzig: **Polarisationsversuche am schwingenden Seile.** Herr Wilhelm Volkmann (Berlin) hat kürzlich einen schönen Aufsatz über „Neue Seilwellenversuche" veröffentlicht (vergl. d. Heft S. 97), worin er unter anderem einen Polarisator und damit anzustellende Versuche beschreibt. Auch ich habe im Unterricht ähnliche Versuche gezeigt, aber mit einfacheren Hilfsmitteln. Ich bediene mich eines gewöhnlichen Gasschlauches von 3—4 m Länge (noch besser ist ein alter Schlauch, durch den man eine Schnur gezogen hat), der an einem Ende festgehakt oder von einem Schüler gehalten wird, während ich am anderen Ende lebhafte Drehwellen erzeuge. Der Polarisator besteht aus einem Bindfaden, der in der Nähe der Seilmitte festgeknüpft ist, und dessen Enden ich ebenfalls von einem oder von zwei Schülern in entgegengesetzter Richtung straff halten lasse. Wenn es sich darum handelt, den Polarisator während des Versuches zu drehen, so werden in einen Ring,

durch den sich der Schlauch eben noch hindurchstecken läßt, 2 Bindfäden geknüpft, die in entgegengesetzten Richtungen straff gezogen werden. Sehr lehrreich ist z. B. der folgende Versuch (vergl. Turmalinzange): Ich bringe in der Mitte des Schlauches, in einem Abstande von 2—3 dm von einander, 2 solche Polarisatoren an, die zunächst in einer Ebene liegen; während ich das eine Schlauchende in lebhafte Zirkularbewegung versetze, lasse ich den ersten Polarisator in seiner Stellung festhalten, den anderen aber langsam um den Schlauch drehen. Dann dreht sich die Polarisationsebene der 2. Schlauchhälfte mit, indem sie sich immer senkrecht zum 2. Polarisator stellt, und gleichzeitig wird ihre Amplitude immer kleiner; sobald der zweite Polarisator auf dem 1. senkrecht steht, kommt die 2. Seilhälfte vollständig zur Ruhe. Auch der Versuch mit einem einzigen Polarisator, den ich auf Zuruf straffziehen und wieder lockern lasse, dürfte sich mit dem Volkmannschen Polarisator nicht so unmittelbar und einleuchtend anstellen lassen. Um die Art der Schwingung der einzelnen Seilteile augenfällig zu machen, bediene ich mich weißer Papierscheiben, die ich mit 2 Parallelschlitzen versehe und auf den Schlauch schiebe. — Diese und ähnliche Versuche erfordern weder Übung und Vorbereitung, noch verursachen sie Kosten, und machen gerade wegen ihrer Einfachheit auf die Schüler Eindruck.

6. Fr. Adami in Hof: **Ein + und — Elektrophor.** Man verschaffe sich eine kreisrunde Glasplatte, die in den Teller des Kautschukelektrophors paßt. Die Glasplatte wird mäßig erwärmt und dann auf einer Seite mit Celluloidlack (im Handel unter dem Namen Zapon bekannt) übergossen. Dieser Lack trocknet rasch und hat die Eigenschaft vollständig farblos zu sein, sodaß man nicht erkennen kann, daß an der Glasplatte eine Veränderung vorgenommen wurde. Peitscht man nun die nicht mit Zapon übergossene Seite der Glasplatte mit einem Stück Seidenzeug, so wird die Glasplatte auf beiden Seiten positiv und das Seidenzeug negativ elektrisch. Schlägt man dagegen die mit Zapon übergossene Seite der Glasplatte mit dem Seidentuch, so wird die Glasplatte auf beiden Seiten negativ und das Seidentuch positiv elektrisch.

Legt man jetzt die Glasplatte mit der lackierten Seite nach oben in den Teller des Elektrophors und schlägt sie mit dem Seidentuch, so erhält man aus dem Deckel des Elektrophors in bekannter Weise positive Elektrizität. Der Apparat verhält sich wie ein Kautschukelektrophor und die Funken erreichen eine Länge von 20—30 mm.

Bringt man dagegen die Glasplatte so in den Teller, daß die unlackierte Seite nach oben gerichtet ist, und verfährt wie vorhin, so erhält man aus dem Deckel negative Elektrizität.

Setzt man die ganze Elektrophoreinrichtung auf drei trockene Porzellanisolatoren, so kann man im ersten Falle aus dem Teller 10 mm lange Funken ziehen und zwar erweist sich der Teller als negativ elektrisch, während er im zweite Falle positiv elektrisch erscheint.

Zum Schlusse sei noch angegeben, daß, wenn man auf die Kautschukplatte eines Elektrophors einige Tropfen Olivenöl gießt und mit einem Flanelllappen verreibt, der Deckel des Elektrophors Funken bis zu 50 mm Länge liefert.

7. Fr. Schütz in Cuxhaven: **Mehrverbrauch von Zink im geschlossenen Element.** Der in dieser Zeitschrift gebrachte Bericht über einen elektrochemischen Versuch von E. Grimsehl veranlaßt mich eine ähnliche Versuchsanordnung mitzuteilen, die ich vor einiger Zeit konstruiert habe. Um den Mehrverbrauch von Zink im geschlossenen Element in kurzer Zeit nachzuweisen, benutze ich eine der bekannten kleinen mit Hornschalen versehenen Wagen, die mit einer im folgenden beschriebenen Vorrichtung versehen wird. Man schneidet aus dünnem Kupfer- und Zinkblech zwei gleiche Plattenpaare von 2×3 cm Seite, lötet an eins der Kupferbleche einen Kupferdraht, biegt ihn zu einer Öse und sein Ende zu einem Haken, in den man ein durchlochtes und amalgamiertes Zinkblech hängt. Die Amalgamierung sorgt für genügenden Kontakt. Die beiden übrigen Platten werden ebenfalls durchlocht und in einen Haken gehängt, der aus einer Kapillare in nebenstehende Form gebogen wird. Die Plattenpaare werden nun mittels sehr dünner ca. 8—10 cm langer Kupferdrähte an die Haken des Wagebalkens, von dem man die

nicht in der Vermehrung der Spitzen und Kanten, sondern in der geringeren Oberfläche, mit der eine Vermehrung der Elektrizitätsmenge verbunden ist.

Es kann auch die Einrichtung getroffen werden, daß die Erregerscheiben sich in entgegengesetzter Richtung drehen wie die Ankerscheiben, oder daß statt der Scheiben Zylinder treten. Ein kleines Modell der beschriebenen Art von 24 cm Ankerscheibendurchmesser, 30 cm Höhe, 28 cm Länge und 22 cm Breite lieferte eine größere Elektrizitätsmenge als die größte Influenzmaschine und war zu allen Versuchen mit hohen Spannungen außerordentlich geeignet. Zur Verringerung der Ausstrahlung und Erhöhung der Schlagweite wurden bei einer neueren Konstruktion der Maschine die Kollektorknöpfe auf dem größeren Umfang einer besonderen Ankerscheibe angeordnet. — Die Maschine kann von der Firma Dr. Rudolf Franke & Co. in Hannover bezogen werden. *Schk.*

Ein neues Geradsichtprisma und ein neues Flüssigkeitsprisma. Von W. Volkmann (*Ann. der Physik, 8, 455; 1902*). Das Geradsichtprisma besteht aus einem fünfseitigen Glasstück, von dem nur vier Seiten eben zu schleifen sind. Der Gang der Lichtstrahlen ist aus Fig. 1 zu ersehen: die bei a eintretenden Strahlen werden an den versilberten Spiegelflächen c und b reflektiert und treten bei d aus. Bedingung der Geradsichtigkeit ist, daß der Winkel zwischen den brechenden Flächen gleich dem doppelten des Einfallswinkels i ist. Die größte Ausnutzung des Glaskörpers tritt ein, wenn der Strahl ac der Fläche d parallel ist. Dieses ist der Fall, wenn $2i = r + \frac{\pi}{2}$, woraus sich nach dem Snelliusschen Gesetz $\sin i = (1 + \sqrt{8n^2 + 1})/4n$ ergibt. Die optische Wirkung ist gleich der eines dreiseitigen Prismas von dem brechenden Winkel $2r = 4i - \pi$, d. h. für Flintglas etwa 65°. Taschenspektroskope mit dem beschriebenen Prisma werden von R. Magen in Berlin hergestellt.

Die zweimalige Spiegelung wird auch benutzt bei dem Flüssigkeitsprisma (Fig. 2). Die Seitenflächen eines dreikantigen Glaskastens werden mit Silber- oder Platinspiegeln, die spiegelnde Fläche nach oben, belegt. Der Gang der Lichtstrahlen, wenn der Kasten mit einer Flüssigkeit gefüllt ist, ist klar. Die bei anderen Flüssigkeitsprismen so störende Absorption durch die durchsichtige Wand fällt hier fort. Das Prisma empfiehlt sich zur Projektion von Spektren, namentlich auch des ultraroten (Füllung mit Schwefelkohlenstoff u. a.) und ultravioletten (mit Monobromnaphtalin) Teils, wobei man also die teuren Bergkrystall- und Steinsalzprismen ganz vermeiden kann. Zum Ersatz für die bildentwerfende Linse kann an Stelle der ersten Spiegelfläche ein aus einem versilberten Uhrglase hergestellter Hohlspiegel angewandt werden. Als Lichtquelle ist ein mit elektrischem Bogenlicht beleuchteter Spalt oder auch eine schmale Azetylenflamme zu benutzen. *Schk.*

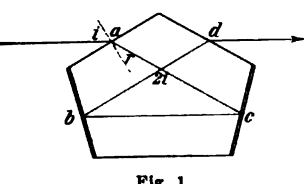
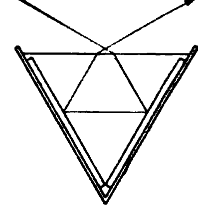


Fig. 1.


Fig. 2.

Tropfenbildung bei Rauch. Sehr interessante Versuche hierüber veröffentlichen Thiel und Abegg in *Phys. Zeitschr. IV, 129÷132, 1902.* Anlaß hierzu gab die Beobachtung, daß bei einem Versuche, die Grenze zwischen Luft und CO_2 durch Tabakrauch zu kennzeichnen, dieser sich in ein Haufwerk kugelförmiger Gebilde auflöste.

Zu den in Rede stehenden Versuchen benutzten die Verfasser einen geräumigen Glaskasten mit ebener Decke, die in ihrer Mitte eine kreisförmige Öffnung besaß. Diese Öffnung konnte mittels eines Schiebers verkleinert oder ganz geschlossen werden; über ihr wurde der Rauchentwicklungsapparat aufgestellt, bestehend aus einem Glaszylinder mit gut eingepaßtem luftdicht schließenden Stempel, der mit zwei Durchbohrungen zur Aufnahme von zwei Glasröhren versehen war, mit denen je eine, konzentrierte HCl- bezw. NH_3-Lösung enthaltende, Waschflasche verbunden war. Die Gasströme wurden so reguliert, daß äquivalente Mengen von NH_3 und HCl verdampften; die Gaseinleitungsröhren der Waschflaschen tauchten gerade in die Flüssigkeit ein. Hebt man nun bei geschlossenem Schieber den Stempel, so füllt sich der Zylinder mit Rauch, den man nach Öffnung des Schiebers durch Niederdrücken

des Stempels in den Glaskasten befördern kann. Durch Änderung der Konzentration der Flüssigkeiten kann man Rauch von verschiedener Dichte erzeugen. Ebenso kann man auch andere Gase mit Rauch sättigen. Die angestellten Versuche ergaben folgendes:

Luftrauch in Kohlendioxyd; Stempel mäßig rasch niedergedrückt: Bildung einer kompakten Rauchmasse an der Oberfläche des Kohlendioxyds, die in langsam herabfallende, sich teilende Kugeln zerfällt.

Wasserstoffrauch in Luft oder Kohlendioxyd; Stempel wie vorher bewegt: Tropfenbildung rascher, Tropfen kleiner. Ganzer Verlauf schneller.

Luftrauch in Wasserstoff; Schieber voll geöffnet: Rasches Hinabstürzen des Rauches ohne bemerkenswerte Erscheinung.



Fig. 1.



Fig. 2.

Luftrauch in Wasserstoff; Schieber wenig geöffnet: Gerade bis zum Boden fallender Rauchstrahl beim Auftreffen einen sich später verdichtenden und aufstülpenden Wulst bildend.

Die letzte Erscheinung ist in beistehenden Fig. 1 und 2 dargestellt (nach *Phys. Zeitschr.*, a. a. O. Fig. 5 u. 6). Ähnliche Gebilde sind bei Flüssigkeitswirbeln schon von P. Czermak und Mark (*Wied. Ann. LXVIII, 183; 1899*), bei Gaswirbeln von P. Czermak (*Wied. Ann. I, 329; 1893.* — Müller-Pouillet, 9. Aufl., *II, 2, 617*) und Vettin (*Pogg. Ann. CII, 246; 1857*) beobachtet.

Die beschriebenen Erscheinungen erklären die Verfasser durch Diffusion. Der Chlorammoniumrauch bewegt sich mit demjenigen Gase, an dem er die stärkere Reibung erleidet, d. h. mit dem schwereren. In den schwereren Rauch wird das umgebende leichtere Gas schneller hinein, als das schwerere hinausdiffundieren, daher das in den Figuren zur Darstellung gebrachte Anschwellen. *B. v. Czudnochowski.*

Neue Seilwellenversuche. Von Wilhelm Volkmann (*Natur und Schule I, 273—281, 342 bis 350; 1902*). Bei der außerordentlichen Bedeutung, welche die Wellenlehre für die gesamte Physik gewonnen hat, ist man seit geraumer Zeit bemüht gewesen, das Verständnis der Wellenerscheinungen nach Möglichkeit zu erleichtern, und hat zu diesem Zweck eine große Zahl sogen. „Wellenmaschinen" konstruiert. Abgesehen von ihrem hohen Preise ist aber der Nutzen dieser Vorrichtungen dadurch beschränkt, daß es sich bei ihnen meist nur um eine Nachahmung der Form der Erscheinungen, nicht um die wirkliche Erzeugung von Wellen handelt. Ein einfacher und leistungsfähiger Ersatz für diese Maschinen, welcher die mannigfachen Erscheinungen wirklicher Wellen übersichtlich und deutlich zu zeigen gestattet, wäre daher im Interesse des physikalischen Unterrichts willkommen zu heißen. Anscheinend ist nun die Auffindung eines solchen Ersatzes Herrn W. Volkmann (Assistenten am physik. Institut der landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin) gelungen.

Herr Volkmann bedient sich der Seilwellen, die er zuerst an bleistiftstarken Gummischläuchen erzeugte; diese werden in einfachster Weise mittels Drahthaken zu beliebigen Längen zusammengefügt, ja man kann sie um Ecken führen, indem man in der Verlängerung der Winkelhalbierenden (des kleineren Winkels) einen Zwirnsfaden anbringt, und es bietet dieses „Um-die-Ecke-führen", da es dem dahinter liegenden Seilteile nur geradlinige Bewegung in einer Richtung gestattet, die Möglichkeit, die Polarisation zu zeigen. Es lassen sich ferner auch Gabelungen herstellen, doch sind solche Gummischläuche trotz Aufbewahrung in Terpentindampf auf die Dauer nicht haltbar, und es mußte daher nach einem Ersatz gesucht werden, welcher in besonders für diesen Zweck hergestellten Stahldrahtspiralen besteht. Aus solchen werden ebenso, wie vorher beschrieben, beliebige Längen zusammengesetzt; gebraucht werden leichte und schwere Spiralen, für Gabelungen ist notwendig, daß die beiden Stücke der Gabel nicht nur gleiche Länge, sondern auch gleiche Schwingungsdauer haben, was durch Versuch festzustellen ist. Zu diesem Zwecke werden die beiden miteinander zu vergleichenden Stücke zu einem zusammengesetzt, dieses mit solcher Spannung, wie man sie nachher auch bei den Hauptversuchen anwendet, wagerecht ausgespannt und nun eine stehende Welle mit einem Knoten in der Mitte (eine ganze Wellenlänge) erzeugt; trifft hierbei der Knoten mit dem Vereinigungspunkt der beiden Stücke ziemlich genau zusammen, so sind beide Stücke als Zweige einer Gabelung verwendbar. Die Befestigung der „Seile" geschieht an Haken, die jedoch so eingerichtet sein müssen, daß kein wenn auch noch so geringes Gleiten des Seilendes in ihnen beim Schwingen auftreten kann, da sonst durch die dadurch verursachten Störungen die Versuche unrein werden. Die Haken werden nach Bedarf in passender Höhe an der Wand angebracht, oder auf Stützen, als welche man am besten dreibeinige Stative benutzt (wie sie billig in photographischen Handlungen zu haben sind), wenn jedes Bein mit 2 kg beschwert wird. Die Erregung der Schwingungen kann durch Zupfen, Schlagen oder stoßartiges Drücken erfolgen; sollen sie längere Zeit unterhalten werden, so geschieht dies am einfachsten mit der Hand, man kann sich aber auch besonderer Vorrichtungen bedienen. Bei Erregung mit der Hand hält diese entweder selbst das eine Seilende, oder dieses ist ebenfalls fest und man bewegt das Seil nahe diesem Ende; in jedem Falle sind, wegen der Nähe eines Knotens, die Bewegungen der Hand nur gering zu halten und ist ganz besonders auf den richtigen Takt der Bewegungen zu achten, der besonders eingeübt werden muß. Die anzustellenden Versuche sind folgende:

1. Fortpflanzung und Zurückwerfung. a) Man vereinigt etliche m gleichartiger Spirale zu einem Stück, befestigt dessen eines Ende am Boden und hebt das andere soweit, daß noch reichlich $1/3$ der ganzen Länge auf der Erde liegt Bei gleichmäßigem Auf- und Niederschwingen des gehobenen Endes entsteht eine fortschreitende Welle, welche infolge der starken Dämpfung durch das Aufliegen auf dem Boden nicht reflektiert wird. b) Ca. 5 m ziemlich schwerer Spirale werden mit 1 m Durchhang zwischen zwei Haken wagerecht ausgespannt Bei kurzem, stoßartigem Druck mit einem leichten Stabe $\sim$ 10 cm von einem Ende sieht man ein einziges Wellental von 5 $\div$ 10 cm Tiefe und $\sim$ 1 m Länge über das Seil hinlaufen und einen entsprechenden Wellenberg zurückkommen. c) Man befestigt das eine Ende des Seiles mittels eines 1 oder 2 m langen Zwirnsfadens am Haken; bei Zurückwerfung an diesem freien Ende bleiben Berg und Tal unverändert. Die Erscheinung ist bei richtiger Ausführung des Schlages noch nach der sechsten Zurückwerfung deutlich. d) Ein Seil wird aus einer schweren und einer leichten Spirale zusammengesetzt: wird am festen Ende des leichten Stückes eine fortschreitende Welle erzeugt, so wird diese zum Teil mit Umkehrung von Wellenberg in Wellental am Ende des schwereren Stückes zurückgeworfen, zum Teil in jenem regelmäßig fortgepflanzt. — (Folgerung aus den Versuchen: Die Fortpflanzung der Wellen ist ein Vorgang, der gleichen Gesetzen gehorcht, wieder elastische Stoß. Hinweis auf den Einfluß des Gewichtes der benutzten Spiralen.)

2. Interferenz und stehende Wellen: a) Man spannt wieder einige m gleichartiger Spirale wagerecht — nicht zu straff, siehe oben — zwischen zwei Haken aus; klopft

man dauernd mit allmählicher Änderung des Taktes auf das eine Ende des Seiles, so zeigt sich zunächst ein allgemeiner Wirrwarr von Schwingungen, aus dem sich dann scharf und klar schließlich eine stehende Schwingung loslöst. b) Man führt drei bis vier rasch aufeinanderfolgende Schläge gegen das eine Seilende; es entsteht ein über das Seil hinlaufender Wellenzug, bei dessen Zurückwerfung am anderen Ende sich regelmäßig stehende Wellen ausbilden. c) Man befestigt wieder das eine Ende mit Zwischenschaltung eines hinreichend langen Zwirnsfadens am Haken; an diesem — freien — Ende bildet sich dann ein Schwingungsbauch (Vergleich mit einer offenen Pfeife). d) Zusammensetzung des Seiles aus leichter und schwerer Spirale gestattet die Bestimmung des Gesetzes der Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Zu dem Zwecke werden zwei gleich lange, ein leichtes und ein schweres Stück, zusammengefügt und nun eine stehende Welle mit zwei Knoten erzeugt — beide Enden unmittelbar am Haken befestigt —; dann fällt die Zusammensetzungsstelle ohne Störung in einen Bauch — den mittleren —, die scharf ausgeprägten Knoten zeigen aber eine verschiedene Länge der beiden äußeren Bäuche. Läßt man nun durch Schüler die Lage der Knoten durch ein Lot auf den Fußboden übertragen und danach die Länge der äußeren Bäuche ausmessen, stellt man sodann durch Wägen der benutzten beiden Spiralen das Verhältnis ihrer Gewichte für gleiche Längen fest, so erhält man das Gesetz, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit umgekehrt proportional der Quadratwurzel des Seilgewichtes ist. e) Man setzt das Seil zu $^2/_3$ aus einfacher, den Rest aus 2, 3 oder 4 nebeneinander — schwach divergierend — liegenden gleichartigen — z. B. leichten — Spiralen zusammen,

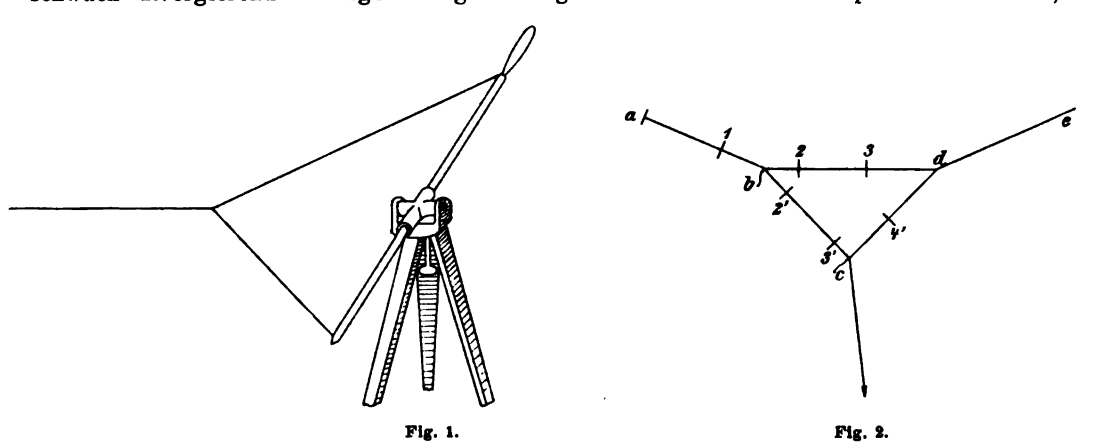


Fig. 1. Fig. 2.

und läßt für jeden Fall wieder die Knotenabstände, wie vorher angegeben, messen; die Spannung in jedem Zweige des mehrfachen Stückes ist dann bezw. $^1/_2$, $^1/_3$ oder $^1/_4$ von der im einfachen Teile des Seiles und die Messung ergibt für die Knotenabstände ziemlich genau die Quadratwurzeln aus den Spannungsverhältnissen — bezw. 1,4, 1,75 und 2,0. f) Zur Hervorbringung von Interferenz zweier entgegengesetzter Wellen dient der sogen. „Schwingungshebel“ (Fig. 1). Drei Seilstücke gleicher Beschaffenheit werden sternförmig aneinandergefügt, eines an einem festen Haken, die beiden anderen am Schwingungshebel befestigt; bei guter Übung kann man auf diese Weise Schwingungen von 60 ∸ 80 cm Weite erzielen, ohne daß sich irgend welche Bewegung im dritten Seilast zeigt. Eine interessante Abänderung zeigt Fig. 2; hier gehen die Schwingungen von *a* aus, 1—2—2'—3—3'—4' sind die besten Knotenlagen, bei *c* ist das System durch einen Zwirnsfaden gehalten, $\overline{de}$ bleibt infolge der Interferenz der Wellen bei *d* vollkommen in Ruhe: Die Interferenz kommt hier durch Wiedervereinigung zweier über verschieden lange Wege geführten Teile einer Welle zu stande. Dieser Versuch gelingt nur bei sehr sorgfältiger Vorbereitung (Analogien in der Optik).

3. Polarisation. Bei all den beschriebenen Versuchen erhält man fast niemals eine reine, streng geradlinige, sondern stets eine mehr oder weniger deutlich drehende Seilbewegung. Erregt dies bei aufmerksameren Schülern durch Verschleierung des reinen

Wellencharakters der Bewegung Bedenken, so ist darauf hinzuweisen, daß bei der drehenden Bewegung die allseitige Beweglichkeit des Seiles voll ausgenutzt ist, daß hier also der allgemeinste Fall vorliegt, und sich demnach eine reine lineare Wellenschwingung aus einer zirkularen herausschälen lassen muß. Da nun jedes Seilteilchen seine Bewegung vom benachbarten erhält, so muß die Beschränkung der Beweglichkeit eines solchen Teilchens auch die gleiche Bedeutung für alle in der Fortpflanzungsrichtung der Schwingung folgenden Teilchen haben; eine solche Beweglichkeitsbeschränkung erzielt man durch eine Vorrichtung Fig. 3. Ein mit einem Fuße versehener Ring *a* umschließt einen in ihm drehbaren zweiten *b*, an den zwei weit ausladende Arme *c* angeschraubt sind; ein leichtes und doch steifes gleichschenklig dreieckiges Drahtgefüge *d* ist mit den Fußpunkten *e* seiner Schenkel in den Enden dieser Arme gelagert, während seine in der Ringmitte befindliche Spitze von einer Spannfeder *f* gehalten wird. Diese Vorrichtung bildet einen Polarisator. (Vergl. auch Macé de Lépinay, ds. Ztschr. *II*, *87*; *1888*).

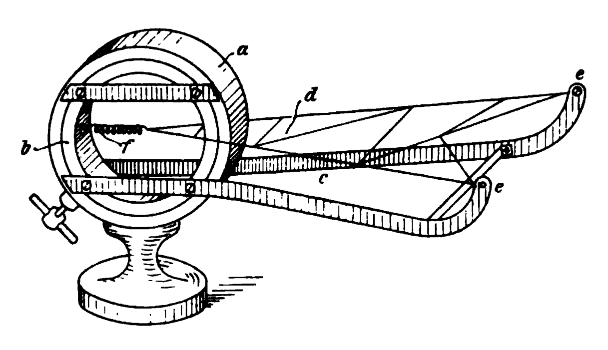


Fig. 3.

Die Versuche sind folgende: a) Ein Seil wird aus zwei gleichartigen Spiralen zusammengesetzt und mit mäßiger Spannung wagerecht ausgespannt; dann erst wird ein Polarisator an der Verbindungsstelle der beiden Stücke eingeschaltet. Erregt man nun die eine Hälfte des Seiles durch Zupfen in der Mitte und ändert allmählich die Stellung des Polarisators durch Drehen des inneren Ringes, so wird nur immer der senkrecht zur Ebene des Drahtdreiecks *d* stehende Teil der Schwingung durchgelassen, der immer kleiner wird, bis er beim Zusammenfallen der Ebene der Schwingung mit der des Drahtdreiecks gleich 0 wird und vollkommene Zurückwerfung eintritt. (Bei verschiedener Spannung der Seilhälften entstehen Schwebungen, die so ausgeprägt sind, daß man sie absichtlich hervorrufen kann.) b) Man erzeugt durch passende Bewegung des einen Seilendes eine Zirkularwelle; der Polarisator macht aus dieser eine Linearwelle. c) Man verbindet drei gleiche Spiralen und schaltet an jeder Verbindungsstelle einen Polarisator ein; sodann stimmt man die Enden auf die Mitte ab, indem man die Polarisatoren gekreuzt mit einander stellt und dann die Lage erst des einen, dann des anderen Endhakens solange verändert, bis man möglichst langsame Schwebungen zwischen jedem Ende und dem Mittelstück erhält. α) Bei paralleler Stellung beider Polarisatoren wird eine Schwingung senkrecht zu ihnen über das ganze Seil fortgesetzt; β) Aus einer zirkularen sondert der erste Polarisator eine lineare aus, die der zweite je nach seiner Stellung ganz, teilweise, oder garnicht hindurchläßt; γ) Eine lineare Schwingung in der Ebene des zweiten Polarisators kann durch Schrägstellung des ersten zum Teil durch jenen hindurchbefördert werden. d) Man stellt aus kurzen Spiralen gleicher Art eine Gabelung her und schaltet in jeden Zweig einen Polarisator, beide zueinander gekreuzt; erregt man dann im dritten Zweig durch drehende Schwingung des in freier Hand gehaltenen Seilendes eine Zirkularwelle, so erhält man in den anderen Zweigen die beiden gleichen senkrecht aufeinander stehenden Komponenten getrennt. Die Aufstellung für diesen Versuch (Fig. 4) geschieht zunächst nach Augenmaß, etwa nötige Ausgleichungen sind durch Vorversuche leicht aufzufinden; man kann sich sehr leicht auf den Versuch einüben, sodaß die Versuchsanordnung erst während des Unterrichtes aufgebaut zu werden braucht. (Will man in Rücksicht auf die Krystalloptik verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Komponenten haben, so ist hierfür am bequemsten das Verhältnis $1:\sqrt{2}$ entsprechend einem Verhältnis der Spannungen wie $1:2$ zu erhalten; um hierzu die richtige Stellung der Endhaken zu finden, spannt man von dem einen Polari-

sator ein Seil aus, bestehend aus einer Länge 1 von zwei gleichen Spiralen nebeneinander und einer Länge 1,4 gleichartiger einfacher Spirale: Die Vereinigungsstelle ergibt dann die Lage des einen und nach Vertauschung beider Teile miteinander durch Umkehren des Systems auch die des zweiten Endhakens an, und zwar ist diese Lagenbestimmung um so genauer, je geringer die angewendete Spannung ist; die kurze Entfernung wird dann mit einfacher Spirale von der Länge 1, die lange mit ebensolcher von der Länge 1,4 überspannt.) e) Man läßt in der vorigen Anordnung die hinter den Polarisatoren gleiche Länge besitzenden Spiralen in ein gemeinsames Seil von der Länge 1,4 einmünden. Die zueinander senkrechten Linearerscheinungen der Zweige setzen sich zu einer Zirkularwelle zusammen; da aber der Treffpunkt Knoten sein muß, so kann man mit dieser Anordnung leider keine elliptische oder schräge Linearschwingung erzeugen, sondern höchstens eine rechtsdrehende in eine linksdrehende Welle verwandeln. (Nach dem Verf. ist dieser Versuch nicht sehr zu empfehlen.) f) Man setzt ein Seil aus drei gleichartigen Spiralen zusammen, fügt an den Verbindungsstellen die Polarisatoren in gekreuzter Stellung

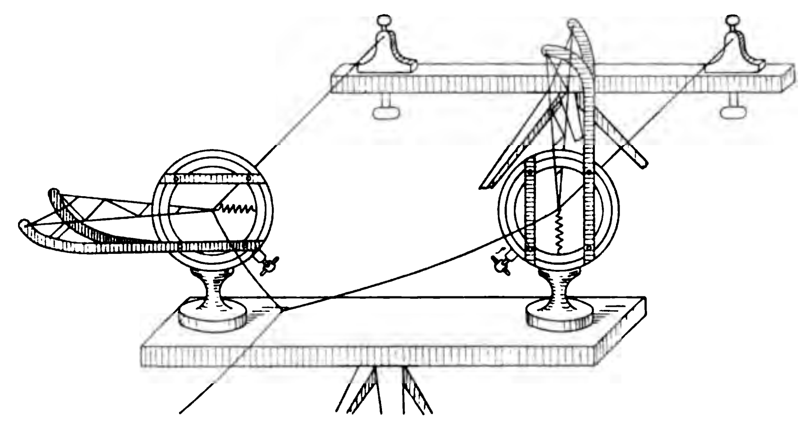


Fig. 4.

ein, und stimmt sorgfältig ab (vergl. oben 3 c). Man erregt nun zunächst in der Mitte — und damit auch in dem einen Endstück — kräftige Schwingungen in der Schwingungsebene des einen Polarisators, dann eilt man zu dem anderen — nichtschwingenden — Ende und zupft dieses senkrecht zur schon vorhandenen Schwingungsrichtung — in der Ebene des zweiten Polarisators — kräftig; trifft man dabei, was allerdings Sache des Zufalls ist, den richtigen Zeitpunkt, so erhält man im Mittelstück drehende Bewegung, was mit einem daran befestigten Papierscheibchen deutlich sichtbar gemacht werden kann. g) Spannt man zwischen gekreuzten Zwirnsfäden mit reichlichem Durchhang eine kurze Spirale aus und versetzt diese in Schwingungen schräg zu den Fäden, so sind die Grenzlagen der Bewegung zwei Schraubenlinien und die Mittellage eine Gerade, als Ergebnis der Interferenz einer rechts- mit einer linksdrehenden Schwingung. (Hinweis auf die Wirkung eines Nicolschen Prismas und doppeltbrechender Krystalle in parallelem Licht, Reflexion zirkular-polarisierten Lichtes an der Oberfläche eines Krystalles in einer Flüssigkeit, deren Brechungsexponent einen Wert zwischen dem der beiden für den Krystall gültigen besitzt.)

4. Das Schwingungsgesetz. Die Zerlegung einer Zirkularwelle in, und die Zusammensetzung einer solchen aus zwei linearen, senkrecht zu einander stehenden Schwingungen zeigt, daß zwei solche Linearwellen die einzigen Bestandteile einer Zirkularwelle sind; für ein weit entferntes Auge wird demnach die Komponente senkrecht zur Sehrichtung ebenso aussehen, wie die ganze unzerlegte Kreiswelle, ebenso einem anderen senkrecht zum ersten auf das schwingende Seil blickenden Auge die zweite — zur ersten senkrechte — Komponente; da nun die elastischen Kräfte des Seiles in allen Richtungen seines Querschnittes die gleichen sind, so handelt es sich bei einer Zirkularwelle nur um das Durchlaufen einer Kreisbahn mit gleichförmiger Geschwindigkeit seitens der schwingenden

Teilchen. Auf Grund des Gesagten erhält man leicht die Geschwindigkeiten der Teilchen bei Linearschwingungen (durch die bekannte Projektion eines Kreises auf einen seiner Durchmesser) und kann so von den Schülern selbst das Gesetz ableiten lassen.

Auch das Pendel gehorcht in seinen Schwingungen dem gleichen Gesetze; die Zusammensetzung der Kreisbewegung aus zwei einfachen Pendelschwingungen läßt sich ebenfalls leicht zeigen. Man verwendet dazu als Pendel zwei gewöhnliche Bunsensche Stative *a*, *b* (Fig. 5), die auf Eisenstäben *c*, *d* rollend schwingen; an diese Eisenstäbe sind mittels einfacher Holzklammern *e*, *f*, wie man sie für 5 Pf. das Stück in photographischen Handlungen erhält, einfache Spiegel *g*, *h* befestigt. Die Stative werden mit Gewichten *i*, *i* beschwert und so angeordnet, daß die Spiegel sich übereinander befinden; das Abgleichen auf gleiche Schwingungsdauer wie das Verstimmen geschieht durch Zufügen oder Verschieben von Muffen längs der Stativstäbe. Sendet man dann von einem Heliostaten oder einer Projektionslaterne ein engbegrenztes Lichtbündel auf den einen Spiegel, so erhält man bei richtiger Aufstellung auf der Wandtafel Linien. Kreise oder Lissajoussche Figuren.

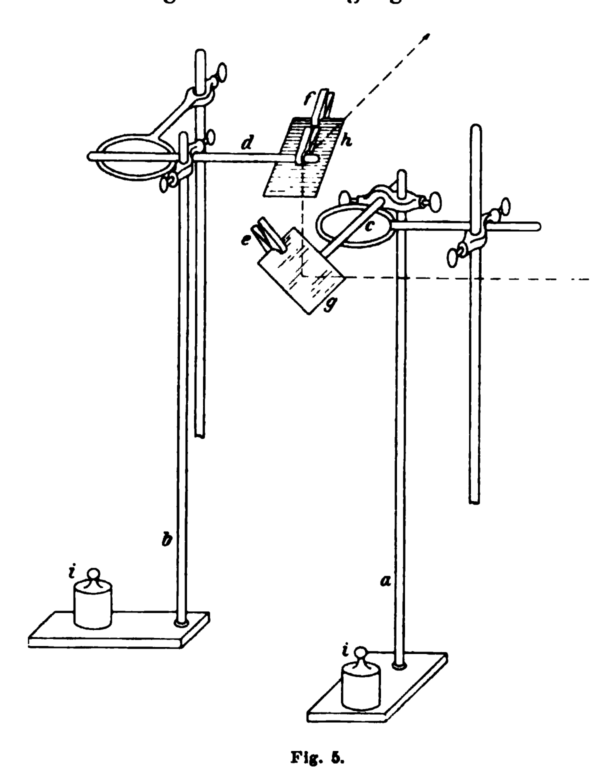


Fig. 5.

Das vollständige Instrumentarium für die beschriebenen Versuche besteht aus 2 Endhaken, 2 Polarisatoren, 1 Schwingungshebel, 10 je 1 m langen, und 4 je 40 cm langen, leichten, und 4 je 1 m langen, schweren Spiralen, und ist von Mechaniker Beck (Rummelsburg bei Berlin, Hauptstraße 4) zum Preise von 30 Mark (ohne Verpackung) zu beziehen. Dreibeinige Stative sind für 3 Mark in photographischen Handlungen zu haben.

W. B. von Czudnochowski.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Temperaturänderungen in auf- und absteigender Luft. Von F. Richarz. (Einladungsschrift zum Rektoratswechsel, Marburg, 1902). In der freien Atmosphäre ist die Temperatur in der Höhe niedriger als in der Nähe des Bodens; trotzdem kann stabiles Gleichgewicht vorhanden sein, da die unteren — wärmeren — Schichten unter höherem Drucke stehen als die oberen, oder anders ausgedrückt: „Kältere Luft in der Atmosphäre kann spezifisch leichter sein als wärmere!“ Für Bestimmung der Stabilität des Gleichgewichtes ist aber in Betracht zu ziehen, daß gleichzeitig mit den Veränderungen der Höhenlage auch solche der Dichtigkeit stattfinden, und daß hiermit infolge der geringen Wärmeleitungsfähigkeit der Luft nahezu den bei adiabatischen Zustandsänderungen statthabenden gleiche Temperaturänderungen verknüpft sein werden. Ein stabiler Gleichgewichtszustand wird daher dann vorhanden sein, wenn eine durch irgend einen Anlaß zum Aufsteigen gebrachte Luftmasse sich durch die Druckverminderung während des Aufstieges adiabatisch soweit abkühlt, daß sie am Ende ihres Aufsteigens schwerer ist als die sie dann umgebende Luft. Ein solches Luftvolumen sinkt dann wieder herab, den ursprünglichen Zustand wiederherstellend, wird aber nun während des Sinkens durch Kompression soweit erwärmt, daß es, in der Tiefe wieder ange-

langt, nunmehr wärmer ist als die dortige Luft, demnach von neuem emporgetrieben wird. Hat die Temperatur in der Höhe einen Wert gleich dem der adiabatischen Abkühlung beim Aufsteigen entsprechenden, so ist ein indifferenter Gleichgewichtszustand vorhanden; ist die Luft in der Höhe dagegen kälter, so ist der Zustand labil: eine aufsteigende Luftmasse wird, oben angelangt, beschleunigt weiter steigen, eine sinkende, immer wärmere Schichten vorfindend, weiter sinken. Einen solchen Zustand nun, bei welchem dauernd auf- und absteigende Luftströme vorhanden sind, die Temperaturen in den diese Strömungen begrenzenden Höhenschichten übereinstimmen mit denen, welche die auf- bezw. absteigenden Luftvolumina infolge adiabatischer Zustandsänderung während ihres Weges annehmen, nennt W. Thomson (Lord Kelvin) das „konvektive Gleichgewicht der Atmosphäre". *(Mem. of the Phil. Soc. of Manchester. III. Ser., vol. II, 126, 1862.)*

Die Temperaturabnahme mit der Höhe läßt sich nun nach den Hauptsätzen der Thermodynamik berechnen, und zwar ergibt sich, wenn ϑ die absolute Temperatur, x die Höhenlage der betrachteten Luftschicht, g die Schwerebeschleunigung, J das mechanische Wärmeäquivalent und c_p die spezifische Wärme der Luft bei konstantem Druck ist, für trockene Luft:

$$\frac{d\vartheta}{dx} = -\frac{g}{J \cdot c_p} = -\frac{1}{424 \cdot 0{,}2375} = -0{,}0099^0 \text{ für 1 m.}$$

Ebenso folgt für feuchte Luft:

$$\frac{d\vartheta}{dx} = -0{,}0098^0 \text{ für 1 m.}$$

Konvektives Gleichgewicht ist, wie aus dem Gesagten ersichtlich, nur möglich bei dauerndem Vorhandensein auf- und absteigender Luftströmungen. Diese würden aber in der Atmosphäre bald aufhören, wenn nicht dauernd oder stetig wiederkehrend sie veranlassende Ursachen wirksam wären. Die geringe vorhandene Wärmeleitung sowie die namentlich in feuchter Luft sehr merkliche Absorption der Sonnenstrahlen werden ferner bewirken, daß die tatsächlichen Verhältnisse den theoretischen nicht vollkommen entsprechen. Trotzdem haben Beobachtungen eine ziemlich gute Übereinstimmung ergeben.

Die in der Nähe der Erdoberfläche durch Verdunstung von Fluß und Meer stark mit Feuchtigkeit beladene Luft verliert diese Feuchtigkeit durch Kondensation um so mehr, je höher sie hinaufsteigt. Hohe Schichten der Atmosphäre werden also vergleichsweise trocken sein und daher, vorausgesetzt, daß man ihren Zustand einer unmittelbaren Prüfung unterziehen kann, von den theoretisch zu erwartenden nur wenig abweichende Verhältnisse zeigen. Diese hohen Schichten der Atmosphäre sind nun durch den Luftballon zugänglich und bei einer großen Zahl von Fahrten angestellte Beobachtungen haben zu folgenden Ergebnissen geführt *(Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 5. Mai 1900. — Meteorol. Zeitschr. 1900, S. 382)*:

0 ÷ 1000 m	1000 ÷ 2000	2000 ÷ 3000	3000 ÷ 4000	4000 ÷ 5000	5000 ÷ 6000	6000 ÷ 7000	7000 ÷ 8000	8000 ÷ 9000
$-\Delta t = 0{,}50$	0,50	0,54	0,53	0,64	0,69	0,68	0,67	0,90
$-\Delta t' = 0{,}61$	0,54	0,54	0,54	0,64	0,69	0,68	0.72	0,90

Hierin ist $-\Delta t$ die Temperaturabnahme für 1 m Höhenunterschied, erhalten aus allen Fahrten $-\Delta t'$ die unter Ausschluß derjenigen Fahrten erhaltene, bei denen zeitweilig ein Anstieg der Temperatur mit der Höhe, also eine „Temperaturumkehr" stattfand.

Ähnliche Verhältnisse finden auch beim Föhn statt; hier steigt eine Luftmasse an der Südseite der Alpen auf, um an der Nordseite wieder herabzugehen. *(Sprung, Lehrbuch der Meteorologie, S. 185.)* Angestellte Messungen von Hann haben nun im aufsteigenden Strome eine Temperaturabnahme von nur 0,004 bis 0,005° C. für 1 m Höhenunterschied, im absteigenden Strome dagegen eine Temperaturzunahme von 0,0092 ÷ 0,0097° C., also fast genau den theoretischen Wert ergeben. Die große Verschiedenheit der Werte für auf- und absteigenden Strom erklärt sich dadurch, daß auch hier die beim Aufstig adiabatisch sich abkühlende Luftmasse ihren Feuchtigkeitsgehalt bis auf 14,12, ja nur 6% durch Kondensation

verliert, demnach beim Abstieg gegenüber dem gleichen Niveau im aufsteigenden Strom noch die latente Wärme des verlorenen Wasserdampfes enthält (Helmholtz).

Man kann nun den Sachverhalt auch im Laboratorium an künstlich erzeugten Luftströmen untersuchen, wie dies auf Anregung von Richarz durch Löwenherz geschehen ist. Hierzu wurde aus zylindrischen Zinkblechröhren von 10 cm Durchmesser ein rechteckiges in sich zurücklaufendes System zusammengesetzt, dessen Seiten 1,0 bezw. 1,3 m außen betrugen. Die beiden längeren Schenkel waren durch zwei Querstäbe miteinander fest verbunden, das ganze Rechteck um eine wagerechte Achse in der Mitte dieser beiden längeren Schenkel drehbar. Zur Bewegung der Luft diente ein kleiner Flügelventilator, welcher in der Nähe der einen Ecke in dem einen längeren Schenkel sich befand und durch eine biegsame Wellenleitung mit dem einen Ende einer durch einen zur möglichsten Verhütung von Galvanometerstörungen entfernt aufgestellten Elektromotor durch Schnurlauf angetriebenen Transmissionswelle verbunden war. Die Temperaturmessung geschah nach der zuerst von Werner Siemens (*Poggend. Ann. 129, 647, 1866*) vorgeschlagenen bolometrischen Methode mittels einer Wheatstoneschen Brückenkombination unter Anwendung des Robert von Helmholtzschen Kunstgriffes: je zwei gegenüberliegende Zweige der gleichen Temperatur auszusetzen. (*Verhandl. der Physikal. Gesellsch. Berlin, 7, 71÷73, 1888.*) Zur Erzielung der größtmöglichen Empfindlichkeit wurde der Widerstand jedes der vier Zweige gleich dem des benutzten Galvanometers $= \sim 1{,}4\,\Omega$ gemacht; jeder Zweig bestand aus Platindraht von 0,4 mm Durchmesser und 130 cm Länge und war möglichst frei auf einen leichten Holzrahmen gewickelt. Je zwei solcher Zweige wurden nun in jedem der beiden kürzeren Schenkel angebracht; die Zuleitungen und Verbindungen waren sämtlich aus starkem Manganindraht und an einem in der Mitte des Rahmens angebrachten Schaltbrett befestigt. Zur möglichst genauen Abgleichung war zwischen je zwei hintereinanderliegende Zweige ein 10 cm langer Kupferdraht eingeschaltet, auf denen die in Gleitkontakten endigenden Galvanometerzuleitungen verschiebbar waren. Die den Hauptstrom von 0,78 ÷ 0,8 Amp. liefernden 3 Kupronelemente, 1 Präzisionsamperemeter von Siemens & Halske, Stromschlüssel und Kommutator befanden sich auf einem besonderen Tische neben dem Skalenfernrohre. Die Windstärke bei den Versuchen betrug, gemessen mittels eines kleinen Robinsonschen Anemometers, 6 m in der Sekunde.

Die Resultate ergaben eine Annäherung an den theoretischen Wert bis auf 5%. Die Messungen wurden einmal bei wagerechter Lage des Rechtecks, dann nach Drehung aus dieser um 90° im einen, dann im anderen Sinne gemacht; da der Mittelabstand der beiden Schenkel, in denen die Temperatur gemessen wurde, 1,21 m beträgt, so wäre der Theorie entsprechend ein Temperaturunterschied von $1{,}21 \,.\, 0{,}0098 = 0{,}0119°$ gewesen. Daß dieser Wert nicht erhalten wurde, hat seinen Grund zunächst in den Temperaturunterschieden in der Luft des Versuchsraumes; ferner zeigte sich, daß der Ventilator selber durch Reibung erwärmend wirkte, die von ihm fort strömende Luft eine zu hohe Temperatur besaß, was sich durch Umkehr der Drehrichtung leicht feststellen ließ.

Eine weit einfachere Anordnung, welche zwar für Messungen nicht gut brauchbar, für Demonstration der fraglichen Erscheinung aber recht geeignet ist, hat M. Seddig angegeben. Danach wird an jedem Ende eines 2 m langen, in der Mitte drehbar gelagerten Holzstabes eine Glasflasche von 2 l Inhalt befestigt, welche mit einem durchbohrten Deckel verschlossen ist. In jeder Flasche befindet sich eine Lötstelle eines Platin-Eisendraht-Thermoelements, welches durch ein Demonstrationsgalvanometer geschlossen ist. Dreht man, nachdem die Galvanometernadel bei senkrechter Stellung des Hebels zur Ruhe gekommen ist, diesen um 180°, so erhält man einen Ausschlag, der eine Erwärmung der Luft in der gesenkten, einer Abkühlung der in der gehobenen Flasche anzeigt. *W. B. v. Czudnochowski.*

Sichtbarmachung ultramikroskopischer Teilchen. Von H. Siedentopf und R. Zsigmondy (*Ann. der Physik 10, 1; 1903*). Nach Abbe und Helmholtz sind Teilchen, deren Größe unter einer halben Lichtwelle liegt, mikroskopisch nicht mehr auflösbar. Die Verff. fanden nun, daß auch solche ultramikroskopische Teilchen durch die von ihnen im Mikroskop erzeugten

Beugungsscheibchen noch wahrnehmbar gemacht werden können, wenn sie ein großes spezifisches Strahlungsvermögen besitzen und in mittleren, noch mikroskopisch auflösbaren Abständen sich befinden. Den Ausgangspunkt der Untersuchungen bildeten die Rubingläser, welche, nach gewöhnlicher mikroskopischer Methode untersucht, keine Spur von Trübung erkennen lassen. Die in ihnen suspendiert enthaltenen Goldteilchen aber erfüllen jene Bedingung und geben daher bei intensiver Bestrahlung deutlich sichtbare Beugungsscheibchen. Dabei muß die Einrichtung getroffen sein, daß die Achse des ein Goldteilchen treffenden Beleuchtungskegels senkrecht steht auf der Achse des für die Sichtbarmachung zur Geltung kommenden Beugungskegels (Fig. 1). Als Kondensor (*Cond.* Fig. 1) diente ein Mikroskopsystem *A A* von der numerischen Apertur 0,30 von Zeiss in Jena. Das Bild der Lichtquelle wurde auf einem Präzisionsspalt entworfen, dessen Weite und Höhe mikrometrisch bestimmt werden konnte. Dadurch war man im stande, in der Einstellungsschicht des Beobachtungssystems einen genau bekannten und meßbar veränderlichen erleuchteten Querschnitt zu erzeugen (er hatte etwa 1,5—3 μ Tiefe und 4—6 μ Breite). Die von einem Heliostaten kommenden Lichtstrahlen passierten eine Reihe von Linsen und Blenden, die auf einer optischen Bank sehr genau montiert waren; über die Einzelheiten sei auf die Abhandlung selbst verwiesen. Das von Zeiss gelieferte Mikroskop wurde für die Beobachtungen besonders eingerichtet. Das im Okular zu beobachtende Bild zeigt Fig. 2. Innerhalb der kreisrunden Okularblende erscheint der)(-förmige Lichtkegel, dessen Zone engster Einschnürung das Bild des Spaltes entspricht; innerhalb des Kegels erblickt man die von den Teilchen erzeugten Beugungsscheibchen. Bei Anwendung polarisierten Lichts läßt sich mit dem Analysator der Polarisationszustand der Scheibchen feststellen. Als theoretischen Grenzwert der Sichtbarmachung ultramikroskopischer Teilchen ermittelten die Verff. eine Fläche von $36 \cdot 10^{-12}$ mm$^2 = 36\,(\mu\mu)^2$, eine Größenordnung, der die Beobachtungen bereits sehr nahe kommen. Das würde freilich noch nicht die mittlere Größenordnung der Moleküle (ca. 0,6 $\mu\mu$) erreichen. Indes kann der von einer größeren Anzahl von Molekülen herrührende Beugungskegel noch sichtbar werden, wie die Beobachtung einer Fluoreszeinlösung in Verdünnung von 1:100 Millionen zu beweisen scheint.

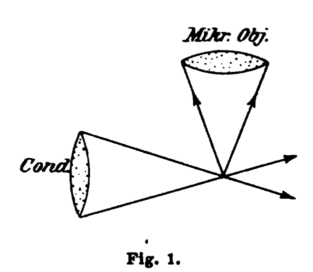
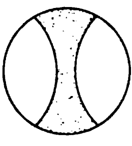


Fig. 1.


Fig. 2.

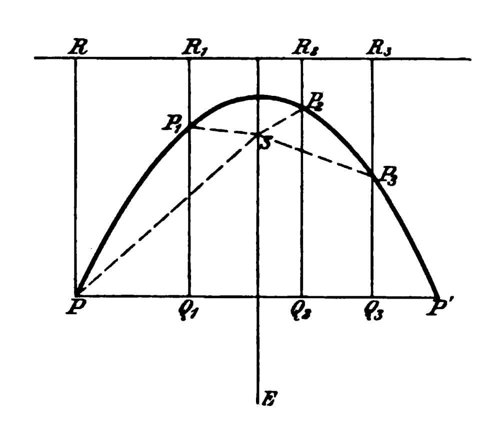
Die in den Rubingläsern enthaltenen Goldteilchen liegen also zwischen der Wellenlänge des Lichts und den molekularen Dimensionen. Eine genauere Bestimmung der Teilchengrößen wurde ermöglicht durch Ermittelung der in einem bestimmten Volumen enthaltenen Teilchenzahl, deren Gesamtmasse bekannt ist. Aus den bekannten Dimensionen des Spaltbildes ließ sich das erleuchtete Glasvolumen bestimmen; die in einem durch das Okularmikrometer begrenzten Teile dieses Volumens enthaltenen Goldteilchen wurden dann direkt gezählt. Die Menge des in dem Glase enthaltenen Goldes wurde durch kalorimetrischen Vergleich mit dem Goldgehalt einer kolloidalen Goldlösung von genau denselben optischen Eigenschaften wie die des Rubinglases bestimmt. Zur Orientierung über die ungefähre Größe der Teilchen kann auch eine Schätzung der mittleren Abstände dienen. Auch aus der Helligkeit der Beugungsscheibchen läßt sich ein Rückschluß auf die Teilchengröße ziehen.

In zwei Tabellen haben die Verff. die Farben der untersuchten Goldgläser, ihren Goldgehalt und die Teilchengröße übersichtlich zusammengestellt. Es zeigte sich, daß das Gold im Glase in den verschiedenartigsten Teilchengrößen enthalten sein kann. Die kleinsten Teilchen von 3,9—6,9 $\mu\mu$ waren in einem rosafarbenen Glase *H*, die größten von 487—791 $\mu\mu$ in einem farblosen Glase enthalten. Indes war ein Zusammenhang zwischen Farbe und Teilchengröße nicht festzustellen. Die Zählung der in dem Glase *H* befindlichen Teilchen war nur bei hellster Beleuchtung möglich; ihre Größe liegt unter der oben angegebenen

Grenze und deutet auf eine Lamellenform der Goldteilchen hin, da die Grenze für Würfelform bestimmt wurde. Wahrscheinlich existieren in einzelnen Rubingläsern aber noch rotfärbende Goldteilchen, die kleiner sind als die kleinsten nach der angegebenen Methode sichtbar zu machenden Teilchen. *Schk.*

Die Nebelmassen in der Umgebung der Nova Persei. Auf photographischem Wege wurden im September 1901 ringähnliche Nebelgebilde in der Umgebung des neuen Sterns von Ritchey am Yerkes-Observatorium entdeckt. Im November bemerkte dann Perrine an der Lick-Sternwarte höchst auffällige Veränderungen dieser Nebelgebilde in Bezug auf Dimension, Lage und Aussehen, die bei der sicherlich außerordentlich großen Entfernung[1]) auf ungeheuer grosse Geschwindigkeiten deuteten, die von der Ordnung der Lichtgeschwindigkeit sein mußten. Man kam daher bald auf die Vermutung, daß es sich nicht um bewegte Massen handeln könne, und Kapteyn war der erste, der die deutliche Expansion der Nebelringe durch die Hypothese zu erklären suchte, daß die von der Nova bei ihrem Aufleuchten in den Raum gesandte Lichtwelle von successive immer weiter entfernten Teilen der umgebenden Nebelmassen reflektiert werde, sodaß wir in diesem Falle zum ersten Male aus großer Entfernung unmittelbare Augenzeugen des allmählichen Fortschreitens einer Lichtwirkung seien, eine Art Lichtecho beobachteten. Diese Vermutung wurde alsbald von Seeliger mit dem ganzen Gewicht seiner wissenschaftlichen Autorität gestützt und bildet daher bis zur Stunde den Gegenstand lebhaftester Diskussion unter den Astronomen. Die Kapteyn-Seeligersche Hypothese ist so interessant, daß es sich wohl verlohnen dürfte, auch im Unterricht ihrer Erwähnung zu tun, zumal sie gleichzeitig guten Übungsstoff für das räumliche Anschauungsvermögen bietet.

Schon im Anschluß an das Erscheinen der Nova Aurigae hatte Seeliger die Vermutung ausgesprochen, daß das Aufleuchten neuer Sterne durch das Eindringen größerer Massen in kosmische Wolken und die dadurch bedingte Hemmung ihrer Bewegung zu erklären sei, daß also ein neuer Stern im Grunde genommen aus gleichem Grunde sichtbar werde, wie ein in die Atmosphäre eindringendes Meteor, nur daß die Erscheinung im ersteren Falle sich in riesigen Dimensionen und sehr großer Entfernung abspielt. Denken wir uns nun die Zeitdauer des Aufleuchtens sehr kurz (in der Tat war ja die Nova Persei nur wenige Tage lang ein Stern erster Größe), so muß der geometrische Ort derjenigen Nebelpartikel der Umgebung, deren reflektiertes Licht uns gleichzeitig erreicht, ein Rotationsparaboloid sein, dessen Brennpunkt der neue Stern ist, und dessen Achse nach unserem (unendlich fern gedachten) Standpunkt läuft.



Legt man nämlich durch die Visierlinie nach dem Stern eine Ebene und konstruiert in ihr um den Stern S (s. Fig.) als Brennpunkt eine Parabel, die durch einen Punkt P_1 geht, und nimmt auf dieser Parabel noch weitere Punkte P_2, P_3 u. s. f. an, so folgt aus den bekannten Eigenschaften der Parabel, daß die Lichtwege SP_1Q_1, SP_2Q_2, SP_3Q_3 u. s. f. sämtlich gleich SP oder RP sind, da $SP_1 = P_1R_1$ u. s. f. ist. Liegen also auf dem Parabelbogen PP' Massenteilchen, welche das Licht reflektieren können, so werden diese Teilchen für einen im unendlich fernen Parabelmittelpunkt befindlichen Beobachter gleichzeitig aufzuleuchten scheinen, da das gesamte, vom Parabelbogen reflektierte Licht gleichzeitig in der geraden PP' anlangt und also als ebene Welle fortschreitet. Läßt man die Figur um SE rotieren, so erhält man das oben erwähnte Paraboloid und für

[1]) Die Parallaxe der Nova Persei dürfte nach den bisherigen Beobachtungen kaum eine Zehntelsekunde erreichen.

verschiedene Zeiten würde man eine Schar konfokaler Paraboloide erhalten, deren Parameter proportional den seit dem Aufleuchten verflossenen Zeiten sind.

Denken wir uns nun eine ebene Nebelschicht, so wird diese nur da aufleuchten, wo sie das für die betreffende Zeit geltende Paraboloid schneidet, man kann sich daher sehr wohl das Zustandekommen einer nach außen fortschreitenden Verschiebung ringähnlicher Lichtlinien, wie sie die Photographien erkennen lassen, erklären. Besonders, wenn man annimmt, daß das Hauptlicht von derjenigen Stelle des Sternkörpers ausgegangen, die bei der Bewegung durch die Nebelmasse voran war, und daß der dunkle Körper des Sterns einen Schatten hinter sich warf, lassen sich die einem exzentrischen Kreise ähnelnden, beobachteten Kurven nach Seeliger (*The Astrophysical Journal, Nov. 1902*) gut verstehen. Aus der Betrachtung der äussersten Nebelringe glaubt Seeliger darauf schließen zu dürfen, daß die hellste Stelle des Novakörpers auf der von der Sonne abgewandten Seite gelegen war und daß demnach die Bewegung der Nova von der Sonne fort gerichtet ist, während sich die Nebelmaterie uns nähert. — Nimmt man in der Nebelmasse streifenartige Gebilde von vorwiegend linearer Ausdehnung und sich nur wenig unterscheidenden Querschnittsformen an, so müßten die Schnittflächen dieser Streifen mit den den verschiedenen Zeiten entsprechenden Paraboloiden leuchtende, isolierte Flecken ergeben, die bei ziemlich unveränderter Gestalt sich vom neuen Stern entfernen und bei gebogener Form des Nebelstreifens zugleich eine Drehung im Positionswinkel zeigen müßten. Solche Flecken sind in den vorliegenden Photographien tatsächlich zu finden.

Ähnliche Betrachtungen über mögliche Veränderungen des Nebels unter Zugrundelegung der Kapteynschen Theorie des einfachen Lichtechos, auf die wir hier jedoch nicht eingehen wollen, wurden auch von Hinks angestellt. Die Gesamtheit der in den Photographien zu Tage tretenden Erscheinungen wird von Perrine in demselben Heft des *Astrophysical Journal* kurz etwa in folgender Weise zusammengefaßt:

Es waren im Februar 1902 zwei besonders gut definierte Nebelgebiete vorhanden, ein Ring von etwa 15′ Durchmesser und ein sehr schwacher, äußerer Ring von 30′ Durchmesser. Der Radius des inneren Ringes vergrößerte sich täglich um 1,4″, der des äußeren um 2,8″, sodaß rückwärts gerechnet beide Ringbildungen im Februar 1901, das heißt zur Zeit des Aufleuchtens der Nova, vom neuen Stern aus sich zu entwickeln begonnen haben mögen.

Die markanteren Flecken innerhalb der Ringe zeigen auch Drehbewegungen, die teils im Sinne des Uhrzeigers, teils entgegengesetzt erfolgen, und gerade dieser Umstand spricht entschieden gegen wirkliche, durch Stoß bewirkte Massenbewegungen, während er der Kapteynschen Theorie keine Schwierigkeiten verursacht. Der innere Ring zeigt im allgemeinen Abnahme, der äußere Zunahme der Helligkeit.

Eine Schwierigkeit, welcher die einfache Lichtechohypothese begegnet, besteht darin, daß Perrine in dem Lichte des Nebels keine Spur von Polarisation nachweisen konnte. Indessen ist diese Feststellung bei der großen Lichtschwäche des Nebels doch sehr unsicher, außerdem ist bekannt, daß z. B. Wolken kein polarisiertes Licht zeigen, obgleich sie mit reflektiertem Licht leuchten. Es liegt daher nach Seeliger kein Grund vor, die einfache Erklärung zu Gunsten einer von Hale und Bell[1]) vorgebrachten Hypothese zu verlassen, welche elektrische Lumineszenzphänomene, hervorgerufen durch elektromagnetische Wellen, zur Erklärung der beobachteten Erscheinungen in Anspruch nimmt. *Koerber.*

Neue magneto-optische Untersuchungen. Die von Macaluso und Corbino entdeckte magnetische Rotationsdispersion des Natriumdampfes (*ds. Zeitschr. XII 102*) war immer nur in der Nähe der beiden Absorptionslinien bis an den Rand derselben verfolgt worden. Eine neue Versuchsanordnung gestattete es Corbino, jene Erscheinung auch innerhalb des Absorptionsstreifens selbst zu untersuchen (*Rend. R. Acc. d. Lincei 10, 137 (1901); Nuovo Cim. 3, 121 (1902): Naturw. Rdsch. XVII 47 u. 440 (1902)*). Es wurden hierbei die Inter-

[1]) The Astroph. Journal, Juli 1902.

ferenzstreifen benutzt, die durch ein Fresnelsches Quarztriprisma erzeugt werden. Ein paralleles Bündel Sonnenstrahlen ging durch ein polarisierendes Nicol, durch die durchlöcherten Pole eines Elektromagneten, zwischen denen sich die Natriumflamme befand, passierte dann das Quarzprisma mit horizontalen Kanten, ein Rowlandsches Gitter und das analysierende Nicol. Man beobachtet dann bei nicht erregtem Felde in dem Gitterspektrum eine Reihe horizontaler Interferenzstreifen. Bei Erregung des Feldes biegen sich diese Streifen in der Nähe der D-Linien stark um und zwar bei Umkehrung des Feldes in entgegengesetzter Richtung, was auf der schon früher beobachteten Rotationsdispersion beruht. Es läßt sich hier aber auch das schwache Licht innerhalb des breiten Absorptionsstreifens untersuchen; Corbino fand, daß die Interferenzstreifen hier fast horizontal bleiben und sich bei Erregung des Feldes nur an den Rändern ein wenig verschieben und zwar in demselben Sinne wie außerhalb der Absorptionslinie. Daraus würde eine nur geringe Drehung der Polarisationsebene (bis 18°) erfolgen. Nach des Verf. Ansicht widerspricht dieses der Theorie, die eine sehr bedeutende Drehung (über 200°) und eine innen und außen entgegengesetzte Verschiebung der Streifen verlangt.

Im Gegensatz dazu fand Voigt, daß auch die Corbinoschen Beobachtungen der Theorie entsprechend gedeutet werden können, wenn man nämlich den dabei auftretenden Zeemann-Effekt mit in Rechnung zieht (*Ann. der Physik 6, 784 (1901): 8, 872 (1902)*). Eine Wiederholung jener Versuche durch Zeemann selbst bestätigte diese Anschauung und zeigte, daß Corbino eigentlich nur einen besonderen Fall eines allgemeinen Phänomens beobachtet hat (*Rend. R. Acc. d. Lincei XI 470: Naturw. Rdsch. XVII 564: 1902*). Zeemann benutzte im wesentlichen die gleiche Versuchsanordnung, beobachtete aber mit Natriumdampf von allmählich zunehmender Dichte. In einem Magnetfeld von 18000 C.G.S. sah man ferner die beiden Komponenten des Zeemannschen Dublets, außerdem die horizontalen Interferenzstreifen. Bei geringer Dampfdichte zeigten diese nur eine kleine Ausbiegung, bei zunehmender Dampfdichte krümmten sich die an die beiden Komponenten angrenzenden Teile eines Streifens nach oben, während der innere Teil sich losriß, nach unten sank und seine Form veränderte. Das Heruntersinken dieses Abschnitts erfolgte bei 18000 C.G.S. bis auf einen Raum von drei Interferenzstreifen; das würde aber einer negativen Rotation von $3 \times 180°$, also rund 500° entsprechen. Hält man die Dampfdichte konstant und verändert das Magnetfeld, so beobachtet man eine Abnahme der negativen Drehung mit zunehmender Feldstärke. Bei noch größerer Dichte des Natriumdampfes, bei der sich das Gesichtsfeld schon stark verdunkelt, wurden erst Erscheinungen beobachtet, die den von Corbino gefundenen entsprechen dürften. Die Beobachtungen Zeemanns sind mit der Voigtschen Theorie, sowohl was den Sinn als die Größe der Drehungen angeht, vollkommen in Übereinstimmung. Aber auch die Beobachtungen Corbinos widersprechen der Theorie nicht, doch sind ihre Bedingungen kompliziert und werden noch weiterer Beobachtungen zu ihrer Erklärung bedürfen.

Die Voigtsche Theorie der magnetischen Drehung der Polarisationsebene innerhalb eines Absorptionsstreifens wurde auch durch Versuche bestätigt, die Schmauss mit festen und flüssigen Substanzen, wie Didymglas, Lackmuslösung und Anilinblau anstellte (*Ann. d. Physik 8. 842; 1902*). Der Drehungswinkel für bestimmte Wellenlängen wurde ebenfalls mit der Interferenzmethode bestimmt. Es ergab sich namentlich die Richtigkeit zweier von Voigt gefolgerter Schlüsse: 1. „Die maximale Drehung in einem Absorptionsgebiet ist von der Feldstärke fast unabhängig“, 2. „Die im Innern eines Absorptionsstreifens stattfindende negative Drehung nimmt mit wachsender Feldstärke ab.“

Zur quantitativen Messung des Zeemannschen Phänomens dienten Versuche, die A. Färber anstellte, um die magnetische Aufspaltung einiger Spektrallinien in absolutem Maße zu bestimmen (*Ann. d. Physik 9. 886; 1902*). Das Hauptgewicht wurde auf die Kadmiumlinie 4678,37 und die Zinklinie 4680,38 gelegt, die als Triplet erscheinen und besonders gut gemessen werden konnten; außerdem auch noch einige andere Zink- und Kadmiumlinien. Als Lichtquelle diente ein elektrischer Funke, der durch ein großes Induktorium erzeugt

wurde und parallel zu den Kraftlinien zwischen den Polen eines Elektromagneten übersprang; am einen Pol war ein Zinkstreifen, am anderen ein Kadmiumstreifen angebracht, so daß die Zink- und Kadmiumlinien gleichzeitig erhalten werden konnten. Durch eine geeignete Selbstinduktion wurden fremde Spektra beseitigt und eine große Schärfe der Zn- und Cd-Linien erzielt. Das Spektrum wurde durch ein Rowlandsches Konkavgitter erzeugt und photographiert. Das Feld wurde durch die Widerstandsänderung einer Wismutspirale, die in absolutem Maß geeicht war, bestimmt, die Aufspaltung $\Delta\lambda$ mit Hilfe eines geprüften Komparators gemessen. Es zeigte sich, daß die Aufspaltung der untersuchten Linien bis zu dem stärksten benutzten Felde von 24000 C.G.S. proportional dem Felde H stattfindet. Der nach Lorentz für homologe Linien konstante Wert $\Delta\lambda/\lambda^2 \cdot H$ war für jene Linien = 18.13. Unter Zugrundelegung dieses Wertes besitzt man ein Mittel, bei gegebener Aufspaltung die Stärke eines Magnetfeldes mit großer Genauigkeit zu bestimmen.

Während das Zeemannsche Phänomen bisher hauptsächlich bei Metalldämpfen beobachtet wurde, untersuchte G. Berndt die Bedingungen, unter denen es auch bei Gasspektren eintritt (*Ann. d. Physik 8, 625; 1902*). Das Magnetfeld wurde erzeugt durch einen du Boisschen Halbringmagneten, dessen Pole meist 7 mm von einander entfernt waren; die Feldstärke variierte zwischen 8000 bis 20000 Gauß. Der Verf. untersuchte Geißlersche Röhren, die mit verschiedenen Gasen unter verschiedenen Drucken gefüllt waren; es wurden die Änderungen der Spektra im Magnetfelde, sowie die Potentiale bestimmt, durch welche die Röhren gleichmäßig leuchteten. Das Zeemannsche Phänomen wurde mit einem Stufengitter untersucht. Es zeigte sich, daß die Linienspektra im Magnetfelde nur geringe Intensitätsänderungen erleiden, Bandenspektra aber meistens durch das Quecksilberspektrum verdrängt werden. Die Änderungen werden durch das Anwachsen des Widerstandes im Magnetfelde veranlaßt. Das Zeemannsche Phänomen läßt sich am besten bei mittleren Drucken beobachten; Wasserstoff und Jod zeigten es undeutlich, Helium dagegen bei 5 mm Druck in Feldern von 8000 bis 12000 Gauß ausgezeichnet. Auch Quecksilber in Geißlerröhren ließ das Phänomen gut beobachten; Stickstoff, Argon und andere Stoffe gaben zu lichtschwache Spektra.

Bei dem von Kerr entdeckten Phänomen wird durch ein elektrostatisches Feld in einem festen oder flüssigen Dielektrikum Doppelbrechung erzeugt. Es liegt nahe, eine ähnliche Erscheinung auch in einem Magnetfelde zu vermuten, besonders da eine magnetische Doppelbrechung des Natriumdampfes von Voigt und Becquerel bereits nachgewiesen wurde (*ds. Zeitschr. XII 356; 1899*). Quirino Majorana stellte einige hierauf bezügliche Versuche mit Lösungen magnetischer Substanzen an und fand in der Tat eine magnetische Doppelbrechung bei Lösungen von Eisenchlorid und von dialysiertem Eisen (*C.R. CXXXV 159 u. 235; 1902*). Das Magnetfeld wurde durch einen Weißschen Elektromagneten erzeugt; es hatte senkrecht zu den Kraftlinien 7 cm Länge und eine Intensität bis zu 18000 Einheiten. Die Flüssigkeit befand sich in einem kleinen Trog, dessen Wände aus bestem Glase bestanden. Die Lichtquelle bildete eine sehr helle Glühlampe oder eine Bogenlampe. Zwischen Glastrog und Analysator befanden sich zwei Glasplatten, die komprimiert und um die optische Achse gedreht werden konnten; die eine von ihnen kompensierte bei geeigneter Kompression und Drehung die zufällige Doppelbrechung der Trogwände, die andere diente zur Messung der magnetischen Doppelbrechung.

Sobald die Flüssigkeit in den Trog gegossen, wurde das System der Nicols und die kompensierende Glasplatte auf Dunkelheit eingestellt. Ist die Polarisationsebene parallel oder senkrecht zum Felde, so wird das Gesichtsfeld bei Erregung des Magneten nicht aufgehellt. Bildet aber die Polarisationsebene mit den Kraftlinien einen Winkel von 45°, so erscheint bei einer aktiven Flüssigkeit unter dem Einfluß des Feldes eine gewisse Menge Licht, die dadurch, daß man die zweite Glasplatte parallel oder senkrecht zu den Kraftlinien komprimiert, wieder ausgelöscht werden kann. Diese beiden Fälle entsprechen der positiven bezw. negativen Doppelbrechung eines parallel zu den Kraftlinien gestellten einachsigen Krystalls. Eine frische und wenig konzentrierte Lösung von Eisenchlorid gab

positive Doppelbrechung; für 18000 Einheiten war der Gangunterschied des ordentlichen und außerordentlichen Strahls ²/₁₀₀ bis ³/₁₀₀ Wellenlänge. Von dialysiertem Eisen und kolloidalem Eisenoxyd stellte der Verf. mehrere Typen her, die die Doppelbrechung in verschiedener Weise zeigten. Bei einigen Typen war sie positiv, bei anderen negativ, mit dem Felde zunehmend; am eigenartigsten verhielt sich altes Bravaiseisen, das zuerst positiv war, bei einem bestimmten Felde Null und dann negativ wurde. Die Lösung des letzteren wurde in einer Dichte von 1,001 hergestellt und ergab bei 3000 Einheiten die größte positive Doppelbrechung von 0,6 λ, bei 5450 Einheiten den Umkehrpunkt, bei 8500 Einheiten schon eine negative Doppelbrechung von dem Gangunterschied 1 λ, bei 13075 Einheiten 3 λ, bei 17250 Einheiten 5 λ. Bei diesen hohen Werten wurde ein Spektroskop benutzt; die Doppelbrechung ändert sich mit der Farbe. Es zeigte sich dabei, daß die Doppelbrechung annähernd proportional ist der Dicke der Flüssigkeit senkrecht zu den Kraftlinien, der Konzentration derselben, dem Quadrat der Feldstärke und umgekehrt proportional dem Quadrat der Wellenlänge.

Auch das Spektrum des durch eine aktive Flüssigkeit hindurchgegangenen Lichts wurde im Magnetfelde verändert. Das Absorptionsspektrum einer Lösung von altem Bravaiseisen geht vom Rot bis zum Grün, während der Rest ausgelöscht ist. Man beobachtete ohne Nicol, wenn das Licht senkrecht zu den Kraftlinien hindurchging, daß das Spektrum im Felde heller und breiter wurde. Die Erscheinung war sehr deutlich bei 18000 Einheiten, blieb dagegen in der Nähe des Umkehrpunktes aus. Mit einem Nicol, dessen Hauptschnitt parallel zu den Kraftlinien stand, beobachtete man bei 3000 Einheiten (dem positiven Maximum) eine geringe Schwächung des Lichts und Verkürzung des Spektrums, bei Feldern, die stärker waren als bei dem Umkehrpunkte (besonders bei 18000 Einheiten), eine sehr erhebliche Aufhellung und Verbreiterung des Spektrums. War der Hauptschnitt des Nicols senkrecht zu den Kraftlinien, so erfolgte umgekehrt bei dem positiven Maximum eine geringe Aufhellung und Verbreiterung, beim negativen Maximum eine viel erheblichere Schwächung und Verkürzung. Zur Untersuchung des parallel zu den Kraftlinien hindurchgehenden Lichtes wurde ein Elektromagnet mit durchbohrten konischen Polen und ein kleinerer Trog benutzt; wegen der geringeren Dicke der Flüssigkeitsschicht wurde ihre Konzentration auf das Siebenfache erhöht. Da das austretende Licht in diesem Falle nicht polarisiert ist, braucht man kein Nicol. Man beobachtete hier bei positiver Doppelbrechung (3000 Einheiten) Aufhellung und Verbreiterung des Spektrums, bei negativer Doppelbrechung (18000 Einheiten) das Gegenteil.

Aus den Versuchen geht hervor, daß die Ränder des Spektrums, wenn das Licht senkrecht zu den Kraftlinien durch die positiv doppelbrechende Flüssigkeit hindurchgeht, deutlich in der Ebene der Kraftlinien polarisiert sind. Geht das Licht ebenso durch die negativ brechende Flüssigkeit hindurch, so sind die Ränder senkrecht zu den Kraftlinien polarisiert. Ferner ist bei positiver Doppelbrechung die Absorption des Lichts parallel zu den Kraftlinien geringer als die Absorption eines Strahls senkrecht dazu, wenn die Polarisationsebene senkrecht zu den Kraftlinien steht. Für negative Doppelbrechungen ist die Absorption stärker.

Man sieht hieraus, daß die aktiven Flüssigkeiten sich in einem Magnetfelde wie einachsige, dichroitische Krystalle verhalten. Die Änderungen der Absorption, welche man bei den Krystallen in verschiedenen Richtungen beobachtet, entsprechen vollkommen den hier gefundenen. Die beschriebenen Versuche gestatten außerdem die Behauptung, daß sowohl bei positiver wie bei negativer Doppelbrechung bei normaler Fortpflanzung die langsamere Welle stets die stärker absorbierte ist. Genauere Messungen der Absorption wurden, unter Weglassung des Spektroskops, mit dem Lummerschen Photometer angestellt, wobei als Vergleichslicht eine konstante rote Flamme diente. Die Feldstärke entsprach dem negativen Maximum (1800 Einheiten), der Gangunterschied betrug 12 λ. War die Lichtintensität ohne Feld = 1, so betrug sie normal zum Felde ohne Nicol 1,62, mit Nicol bei parallelem Hauptschnitt 2,74, bei senkrechtem Hauptschnitt 0,54, parallel zum Felde ohne Nicol 0,56. Die

annähernde Gleichheit der beiden letzten Zahlen zeigt, daß, wenn die Polarisationsebene der Strahlen parallel dem Felde ist, die Strahlen, welche sich parallel den Kraftlinien fortpflanzen, eine Absorption erleiden, die derjenigen gleich ist, welche die sich senkrecht zu den Kraftlinien fortpflanzenden Schwingungen erleiden. Dieses für negative Doppelbrechungen erhaltene Ergebnis gilt wahrscheinlich auch für positive Doppelbrechungen.

Außer der Doppelbrechung beobachtete Majorana normal zu den Kraftlinien eine eigentümliche Drehung der Polarisationsebene des hindurchgehenden Lichtes, deren Sinn sich bei Umkehrung des Feldes nicht änderte; doch trat diese Drehung nur ein, wenn die Polarisationsebene gegen die Kraftlinien geneigt war. Je nach dem Präparat strebte die Drehung dahin, die Polarisationsebene stets parallel oder stets senkrecht zu den Kraftlinien zu stellen. Nach der Ansicht Voigts bildet diese Erscheinung eine vollständige Analogie mit den bei Reflexion an durchsichtigen Körpern beobachteten Drehungen, indem es sich um eine verschiedene Schwächung der beiden, senkrecht und parallel zu den Kraftlinien polarisierten Komponenten handelt. (*Ann. der Physik 8, 880; 1902.*) Auch für die übrigen von Majorana entdeckten Erscheinungen entwickelt Voigt eine Theorie, welche mit den Beobachtungen, namentlich denen über Absorption, in befriedigender Weise übereinstimmt.

Nach der von Wind gegebenen Theorie der Reflexion des Lichts an magnetischen Metallspiegeln hat in dem Falle, wo die Magnetisierung senkrecht zur Einfallsebene und das einfallende Licht in der Einfallsebene polarisiert ist, die Magnetisierung keinen Einfluß auf die Reflexion. Ist dagegen der einfallende Strahl senkrecht zur Einfallsebene polarisiert, so wird durch die Magnetisierung gleichzeitig die Phase und die Amplitude des reflektierten Lichtes geändert. Dieses Ergebnis der Theorie hat P. Camman experimentell geprüft und bestätigt gefunden. (*C. R. CXXXV 286; 1902.*) Das Licht einer Bogenlampe wurde durch Fuchsinlösung monochromatisch gemacht und durch eine Linse in der 2 mm weiten Öffnung eines Metallschirmes konzentriert; diese Öffnung befand sich im Brennpunkt einer Linse von 30 cm Brennweite. Die so parallel gemachten Strahlen durchsetzten den Polarisator, dessen Polarisationsebene um 45° bezw. 60° gegen die Einfallsebene geneigt war, und wurden an zwei ebenen und parallelen Eisenspiegeln reflektiert, die mit den Polschuhen zweier kleiner Elektromagnete in Verbindung standen. Die geringen Dimensionen der Polschuhe erlaubten sie auf dem Tischchen eines Jaminschen Teilkreises zu befestigen. Man konnte so den Einfallswinkel messen und die Spiegel regulieren und parallel stellen, indem man in dem Fernrohr die Bilder des direkten und des zweimal reflektierten Strahles zur Koinzidenz brachte. Das reflektierte, elliptisch polarisierte Licht wurde mit einem Glimmerblatt von $^1/_4$ Wellenlänge Gangunterschied und einem Analysator untersucht. Als solcher diente ein Halbschattenanalysator von Macé de Lépinay. Der Verf. bestimmte die Änderungen der Phasendifferenz und des Azimut, die unter Einfallswinkeln von 50° bis 77° bei der Reflexion an einem Spiegel und einer Magnetisierung von + 1350 auf — 1350 C.G.S.-Einheiten eintraten. Dieselben Änderungen berechnete er nach der Theorie von Wind und fand innerhalb der Beobachtungsfehler eine solche Übereinstimmung beider Zahlenreihen, daß die Theorie als bestätigt gelten darf. *Schk.*

3. *Geschichte und Erkenntnislehre.*

Zum Gedächtnis Otto von Guerickes. Anläßlich des 300. Geburtstages Otto von Guerickes am 30. November 1902 hat F. Poske in der deutschen physikalischen Gesellschaft einen Vortrag gehalten, der in den *Verhandl. d. d. ph. G. IV Nr. 16* veröffentlicht ist. Es wird darin auf den Zusammenhang der Entdeckungen Guerickes mit kosmischen Ideen hingewiesen und einiges über die Reihenfolge und die ungefähre Zeit dieser Entdeckungen festgestellt. Guericke ist durch den Gedanken der unermeßlichen Ausdehnung des Weltalls und das Nachsinnen über den leeren Raum zwischen den Himmelskörpern zu dem Plan geführt worden, hier auf der Erde einen solchen leeren Raum herzustellen. Schon bei den ersten Versuchen drängt sich ihm die Existenz des Luftdrucks auf, die er 1654 in Regens-

burg durch das bekannte drastische Experiment vor Kaiser und Reichsfürsten demonstriert. Die Versuche und die dabei verwendete Luftpumpe sind 1657 von dem Jesuiten Caspar Schott in dem reich illustrierten Buche Mechanica hydraulico-pneumatica ausführlich beschrieben worden. Einer Äußerung Schotts zufolge ist die Erfindung der Luftpumpe wenige Jahre vorher erfolgt, dies kann daher nicht früher als um 1650 geschehen sein, entweder in der Zeit 1647—49, oder 1651—52. Sicher ist jedoch, daß Guericke seine ersten Entdeckungen machte, ohne von Torricellis Versuch Kenntnis zu haben. Auch die begrenzte Steighöhe des Wassers entdeckte er 1654 in Regensburg unabhängig von Torricelli und errichtete in der Zeit zwischen 1657 und 1660 ein vielbewundertes, Sempervivum genanntes Barometer an seinem Hause in Magdeburg. Weitere Versuche folgten 1661 und 1662, besonders infolge der Anregungen, die Boyles Luftpumpenversuche auf Guericke machten. Boyle war durch die Veröffentlichung Caspar Schotts veranlaßt worden, eine Luftpumpe zu konstruieren, die gegen die bisherige Guerickesche Form einige Verbesserungen aufwies; auf die Nachricht hiervon nahm wiederum Guericke eine Verbesserung seiner Maschine vor und gab ihr die Gestalt, die in der jetzt dem Berliner physikalischen Institut angehörenden Originalluftpumpe Guerickes noch erhalten ist. Die Echtheit dieser Maschine wird entgegen einer neuerdings erhobenen Beanstandung aufrecht erhalten. Den Veröffentlichungen Boyles verdankt Guericke auch eine klarere Vorstellung von der Spannkraft der Luft, deren Urheber aber nicht Boyle, sondern der französische Arzt Jean Pecquet (1651) war. Um das Hauptproblem, die Herstellung eines vollkommenen Vakuums, hat Guericke sich unablässig bemüht; er erreicht eine relativ beträchtliche Vollkommenheit durch ein abgekürztes Wasserbarometer, in dem sich ein Torricellisches Vakuum bildet, sobald die umgebende Luft unter eine gewisse Grenze verdünnt ist. Bei diesen Versuchen beobachtet er auch die Phänomene des Wasserhammers und des Haftenbleibens des Wassers in der Röhre trotz vorgeschrittener Luftverdünnung — zwei Erscheinungen, deren Entdeckung gewöhnlich Huygens zugeschrieben wird. Wennschon Guericke sein Ziel nicht vollständig erreichen konnte, so bleibt doch sicher der Gedanke, ein Vakuum herzustellen, einer der fruchtbarsten, die in der Physik aufgetreten sind.

Hervorgehoben wird auch der Zusammenhang, in dem die Luftpumpe mit der Erfindung der Dampfmaschine steht. Wir haben in der Luftpumpe die Urahnin der heutigen Dampfmaschine vor uns. Die außerordentliche Kraft des Luftdrucks legte den Gedanken nahe, ihn für die menschlichen Zwecke nutzbar zu machen. Huygens konstruierte 1674 eine Wasserhebemaschine, bei der das Vakuum durch Explosion von Schießpulver hergestellt wurde, Papin ging 1687 dazu über, das erforderliche Vakuum durch Kondensation von Wasserdampf zu erzeugen. Sein Prinzip fand Verwendung bei den Maschinen von Newcomen und Cawley, an die endlich die Niederdruckmaschine von James Watt sich anschloß.

Die elektrischen Entdeckungen Guerickes dürfen gleichfalls nicht unterschätzt werden. Mit Hilfe seiner sehr primitiven Elektrisiermaschine, der auf eine Achse gesteckten Schwefelkugel, fand er die Grunderscheinungen der elektrischen Abstoßung und der elektrischen Leitung. Es dauert über 60 Jahre, ehe ein weiterer Fortschritt auf diesem Gebiet zu verzeichnen ist. Guericke ist bei diesen Versuchen geleitet von dem Gedanken an die kosmischen Kräfte, die er als unkörperliche Kräfte (virtutes ncorporeae) ansieht. Die Schwefelkugel ist ihm ein Abbild der Erdkugel, woran jene Kräfte, unter ihnen vor allem die von ihm entdeckte Abstoßungskraft, sich aufzeigen lassen. Ohne den Gedanken an die Erde wäre Guericke schwerlich darauf gekommen, den Schwefel in die Form einer Kugel zu bringen, diese aber erleichterte ihm die Auffindung einer ganzen Reihe von Erscheinungen. Man kann daher behaupten, daß der Gedanke an die großen kosmischen Kräfte, weit entfernt davon, seine Forschung zu schädigen, vielmehr die treibende Kraft gewesen ist, die ihn zu seinen Entdeckungen geführt hat. Von diesem Gesichtspunkte erscheint es berechtigt, Guericke neben seinen berühmten Zeitgenossen Johannes Kepler zu stellen und ihn zu den Größten zu zählen, die der deutsche Boden hervorgebracht hat. *P.*

Heinrich Daniel Rühmkorff. Zum hundertsten Geburtstage Rühmkorffs hat der Hannoversche Elektrotechnikerverein eine von E. Kosack verfaßte Schrift herausgegeben, die ein Lebensbild des verdienstvollen Erfinders des Funkeninduktors gibt (36 Seiten, Verlag der Hahnschen Buchhandlung in Hannover und Leipzig). Die Schrift ist mit einem Bildnis Rühmkorffs geschmückt. Wir entnehmen daraus die folgenden Einzelheiten seines Lebenslaufes.

Rühmkorff wurde am 15. Januar 1803 zu Hannover geboren und trat, da er schon als Kind ein bedeutendes mechanisches Talent zeigte, bei einem Drechslermeister in die Lehre. Seine Wanderjahre brachte er in Stuttgart, Paris und London zu. In Paris erwarb er sich dadurch große Anerkennung, daß er einen aus England stammenden Apparat, der zur Reparatur nach England geschickt werden mußte, aus dem Gedächtnis mit großer Vollkommenheit nachkonstruierte. Er ging darauf selbst nach England und fand in den Bramahschen Werkstätten Beschäftigung. Ein Plan, nach Rußland zu gehen, wurde dadurch vereitelt, daß er das Schiff versäumte — zu seinem Glück, denn das Schiff verunglückte und blieb verschollen.

Infolge dieser Schicksalsfügung kehrte Rühmkorff in seine Heimat zurück, um bald zum zweiten Mal Paris aufzusuchen. Er arbeitete dort längere Zeit bei Chevalier, einem berühmten Verfertiger von Mikroskopen, und machte sich 1839 selbständig. Seine Anfänge waren bescheiden, doch trugen ihm seine mit den einfachsten Mitteln angefertigten Apparate bald den Ruf eines geschickten Mechanikers ein. In den Comptes Rendus der Pariser Akademie der Wissenschaften wird seiner Verdienste häufig rühmlichst gedacht, bei einer Ausstellung im Jahre 1849 lenkte namentlich ein thermoelektrischer Apparat, für die Versuche von Melloni über strahlende Wärme bestimmt, die Aufmerksamkeit auf ihn und trug ihm eine silberne Medaille ein; eine ebensolche erhielt er für einen elektromagnetischen Apparat zur Vorführung der magnetooptischen und diamagnetischen Erscheinungen.

Den Funkeninduktor konstruierte Rühmkorff im Anschluß an Vorarbeiten von Masson und Breguet. Ein im Jahre 1851 fertiggestellter Apparat hatte die damals erstaunliche Wirkung, daß Funken von 2 cm Länge übersprangen, wenn zwei Bunsenelemente verwendet wurden. Die Primärspule bestand aus einer Rolle von Pappe oder Ebonit, auf die wenige Windungen von 2 mm dickem Kupferdraht gewickelt waren und die an den Enden von zwei dicken überragenden Spiegelglasplatten begrenzt war. In das Innere der Primärspule schob er ein Bündel dünner Eisendrähte (eine von Faraday und Sturgeon erkannte Erscheinung verwertend). Die sekundäre Spule trennte er von der primären durch Glas oder Ebonit und erzielte die Isolation des sehr dünnen Drahtes, indem er die umsponnene Seide mit Schellacklösung tränkte und die Drahtlagen durch Isolationsschichten trennte. Als Unterbrecher brachte er den Wagnerschen Hammer vor dem einen Ende des Eisendrahtbündels an, das zu diesem Zweck mit einer Scheibe aus weichem Eisen versehen wurde. Den Stromwender (Kommutator) erfand er selbst. Auf Fizeaus Vorschlag wurde der Kondensator hinzugefügt; Rühmkorff verfertigte ihn aus gummiertem 3 cm langen Seidenband, das auf beiden Seiten mit Stanniol belegt war. Bei größeren Apparaten wurde der von Foucault angegebene Quecksilberunterbrecher angebracht. Die Länge des zur Sekundärspule verwandten Drahtes stieg nach und nach bis 30 000, ja bis 100 000 m, es gelang Funken von über 40 cm Länge zu erzeugen, die nach Moignos Urteil blitzähnlich waren und „selbst den Unerschrockensten zittern machen konnten“.

Nach der Pariser Ausstellung von 1855 wurde dem Erfinder von Napoleon das Ritterkreuz der Ehrenlegion verliehen, 1858 erhielt er von der Akademie auf fünf Jahre einen Preis von jährlich 1000 Fr. zuerkannt; 1864 endlich wurde ihm der Voltapreis von 50 000 Fr. zu teil, wobei seine Uneigennützigkeit und seine wissenschaftlichen Verdienste hohes Lob ernteten. In praktischer Hinsicht tritt zuerst die Anwendung des Funkeninduktors für Minenzündungen hervor; diese geschah 1853 durch den Genieobersten Verdu, und 1854 in großartigstem Maßstabe bei der Ausgrabung des Hafens von Cherbourg durch du Moncel. Ein ausgedehntes Anwendungsgebiet fand der Induktor ferner bei der Lenoirschen Gasmaschine

zur Entzündung des Gasgemisches. Bis 1864 waren bereits gegen 500 Rühmkorffsche Apparate für diesen Zweck geliefert. Auf die wissenschaftlichen Verwendungen brauchen wir hier nicht einzugehen. Von anderen Erfindungen Rühmkorffs verdient besonders sein Ozonerzeugungsapparat Erwähnung. Auch um die Verbesserung der Influenzmaschine hat er sich verdient gemacht.

Rühmkorff starb am 20. Dezember 1877, Jamin hielt ihm die Grabrede, in der Akademie widmete Dumas ihm einen Nachruf. An seinem hundertsten Geburtstage hat der Elektrotechnikerverein zu Hannover sein Haus mit einer Gedenktafel geschmückt. *P.*

---

4. Unterricht und Methode.

Der Unterricht in den Naturwissenschaften. Ein von W. Lexis herausgegebenes Werk, „die Reform des höheren Schulwesens in Preußen“ (Halle 1902), hat sich zur Aufgabe gesetzt, den heutigen Zustand des höheren Unterrichts in seinem Zusammenhange mit der historischen Entwicklung und im Hinblick auf die durch die neuen Lehrpläne angestrebten Ziele zur Darstellung zu bringen. Den Unterricht in den Naturwissenschaften hat J. Norrenberg auf 40 Seiten behandelt.

Der etwa die Hälfte umfassende, sehr lesenswerte historische Teil des Aufsatzes macht die ungemein starken Schwankungen sichtbar, denen der naturwissenschaftliche Unterricht unter dem Einfluß wechselnder Zeitströmungen ausgesetzt gewesen ist. Zu Beginn des verflossenen Jahrhunderts herrscht unter dem Einflusse Rousseauscher Erziehungsgedanken eine begreifliche Schätzung der Naturwissenschaft. „In allen Äußerungen über die Einrichtung und Lehrweise klingt die feste Überzeugung wieder, daß im Studium der Natur noch ungehobene erzieherische Kräfte verborgen seien, und daß der naturwissenschaftliche Unterricht, in richtiger Weise erteilt, an Inhaltsreichtum und formal bildendem Werte den bis dahin betriebenen verbalen Unterricht noch einmal übertreffen werde.“ Allerdings erwies sich der naturwissenschaftliche Unterricht bei dem vielfachen Mangel geeigneter Lehrer, die ihn „in richtiger Weise“ hätten erteilen können, nicht so fruchtbar, wie man erwartet hatte. Unter dem Ansturm der Lorinserschen Überbürdungsklagen (1836) zeigte dieses Fach daher am wenigsten Widerstandsfähigkeit, es trat ein Rückschlag ein, der mit den Wieseschen Lehrplänen von 1856 seinen Abschluß fand. Naturbeschreibung und Physik wurden stark eingeschränkt und verschwanden aus der mündlichen Prüfung am Gymnasium, sind auch seit jener Zeit nicht wieder in diese aufgenommen worden.

An den Realanstalten entwickelte sich der n. U. naturgemäß unter günstigeren Bedingungen, doch dauerte es geraume Zeit, ehe er sich von der bloßen Nützlichkeitstendenz befreite. „Erst die von Wiese ausgearbeiteten Lehrpläne von 1859 stellten die Realschulen in die Reihe der allgemeinen Bildungsanstalten, und den n. U. in die Kategorie der formalbildenden, also humanistischen Fächer.“ Der Verfasser geht indessen doch wohl fehl in der Auffassung, daß schon in den Erläuterungen zu der Unterrichts- und Prüfungsordnung von 1859 die humanistische Aufgabe des n. U. an den Realschulen deutlich ausgesprochen sei. Es ist in den „Erläuterungen“ allerdings gesagt: es solle die Erkenntnis geschärft werden, daß der tiefere Grund alles Realen in dem geistigen Gehalt und Wert der Dinge liege und daß die sichtbare und sinnliche Welt auf der unsichtbaren und geistigen ruhe. Aber diese Aufgabe ist nicht dem n. U. im besondern, sondern den Realanstalten im ganzen zugewiesen, und es dürften wohl andere Unterrichtsfächer gewesen sein, an die bei dieser Aufgabe in erster Reihe gedacht war, ja wir möchten behaupten, daß die von Wiese ausgesprochenen Gedanken dem naturwissenschaftlichen Unterricht als solchem gänzlich fern liegen, sie gehören zu den Imponderabilien des Unterrichts und es wird durchaus dem Takt und der Neigung des Lehrers überlassen bleiben müssen, ob und wie weit er neben den ihm obliegenden Aufgaben auch auf jene Gedanken eingehen will. Wir glauben zu wissen, daß der verewigte K. H. Schellbach, ein Meister der Unterrichtskunst, der seine Schüler mit Begeisterung zu erfüllen verstand, doch in jener Hinsicht die größte Zurückhaltung geübt

hat, ohne daß sein Unterricht dadurch, selbst vom höchsten allgemein menschlichen Standpunkt aus betrachtet, minderwertig geworden wäre. Was hingegen in dieser Zeitschrift von Anfang an als die humanistische Aufgabe, insbesondere des Physikunterrichtes, bezeichnet worden ist, ist etwas dem recht verstandenen Physikunterricht Wesentliches und mit ihm notwendig Verbundenes. Wir freuen uns, in dem Lexisschen Werk an einer anderen Stelle (S. 14) dem Nachweis zu begegnen, daß schon in dem österreichischen „Organisationsentwurf" von 1849 die „humanistischen Elemente, welche auch in den Naturwissenschaften in reicher Fülle vorhanden sind", Anerkennung gefunden haben. Das sozusagen materiale Prinzip dieses Gedankens aber ist erst in den Lehrplänen von 1901 amtlich ausgesprochen mit den Worten: Der Schüler soll, soweit dies auf der Schule möglich ist, die Wege verstehen lernen, auf denen man zur Erkenntnis der Naturgesetze gelangt ist und gelangen kann. Es soll übrigens nicht in Abrede gestellt werden, daß die Wiesesche Prüfungsordnung diesem Gedanken nicht ganz fernsteht, indem sie die Forderung stellt: „Kenntnis derjenigen Begriffe und Sätze und — in Betreff der Versuche — derjenigen Methoden, welche auf die Entwicklung der physikalischen Wissenschaft von wesentlichem Einfluß gewesen sind" — doch ist auch der Unterschied leicht ersichtlich.

Den Schluß des historischen Teils bildet die Kennzeichnung der Bonitzschen Reform von 1882 in ihrer besonderen Beziehung auf unser Unterrichtsfach und der späteren Lehrpläne von 1892 und 1901; die prinzipielle Anerkennung dieses Faches als eines für die gesamte geistige Ausbildung des Menschen notwendigen und unentbehrlichen ist in allen diesen Plänen die Grundanschauung; ihr gegenüber sind einzelne Verschiebungen und Änderungen der Lehrziele von untergeordneter Bedeutung.

In dem zweiten Teil des Aufsatzes, der speziell von den neuesten Lehrplänen handelt, betont der Verfasser, daß, zufolge der jüngsten Ordnung der Gleichberechtigungsfrage, Aufgabe und Methode des n. U. für alle höheren Lehranstalten nunmehr die gleichen geworden seien. An allen soll die Aneignung einer Summe einzelner im Leben verwendbarer Kenntnisse nicht Endziel, sondern nur Mittel zur Förderung der allgemeinen Bildung sein. Von Wichtigkeit ist auch, angesichts der immer zunehmenden Fülle des Materials, der Hinweis auf Sichtung und richtige Begrenzung des Lehrstoffes. Einer Wiedereinführung der Biologie und Physik als Prüfungsfach des Gymnasiums widerspricht der Verfasser; denn nicht durch Hebung des Lerneifers, sondern nur durch Hebung des Interesses und Verständnisses könne der n. U. seine eigenartige befruchtende Wirkung ausüben.

Von Einzelfragen des physikalischen Unterrichts erörtert der Verfasser zunächst die mathematische Behandlung gewisser Gesetze und hält dafür, daß von den Schülern eine gedächtnismäßige Reproduktion von Ableitungen nicht gefordert werden sollte, da doch nur das Bewußtsein, die Richtigkeit dieser Ableitungen einmal mit mathematischer Strenge erkannt zu haben, mit ins Leben genommen werde und eine wertvolle ethische Errungenschaft aus der Schulzeit bleibe. — Den Wert der rechnerischen Aufgaben scheint der Verfasser zu unterschätzen, da gerade erst eine häufige und vielseitige Anwendung der Gesetze mit diesen wirklich vertraut macht. Am Gymnasium fehlt es heut zumeist an der Möglichkeit, solche Übungen in genügender Zahl dem Physikunterricht anzuschließen. — Auch gegen die „heuristische" Methode, der zufolge der Schüler die Gesetze möglichst selbst entdecken soll, verhält sich der Verfasser allzu ablehnend. Es wird ja Niemand bei uns den Unterricht durchweg nach diesem Grundsatz gestalten wollen; selbst dessen eifrigste Verfechter in England und Amerika haben zugeben müssen, daß eine Verbindung von heuristischem und dogmatischem Unterricht das Wünschenswerteste sei. Aber andererseits schmeckt es doch zu sehr nach dem grünen Tisch, wenn der Verfasser die praktischen Schülerübungen, die eben jene heuristische Methode verwirklichen, deswegen bemängelt, weil sie einen Zeitaufwand erfordern, der in keinem rechten Verhältnis zu den erzielten Resultaten stehe. Wenn er selbst einmal solche Übungen veranstaltete, würde er an dem Eifer und der Lust der Schüler, wie an der günstigen Rückwirkung auf den Unterricht erkennen, daß es sich hier um gesunde Bestrebungen handelt, denen größtmögliche

Förderung von seiten der Unterrichtsbehörden zu wünschen ist. — Auch die Beschaffenheit der „Kabinette“ und Sammlungen streift der Verfasser und spricht den berechtigten Wunsch aus, daß bei Anschaffungen nicht auf teure Präzisionsinstrumente, sondern vor allem auf brauchbare Unterrichtsapparate gesehen werden sollte. Doch geht er zu weit, wenn er auch hinsichtlich neuer Apparate, wie z. B. derjenigen für die Marconische Telegraphie, Bedenken ausspricht. Die Versuche über elektrische Wellen dürfen den Schülern auch an Gymnasien nicht vorenthalten werden, und wo die Mittel es erlauben, sollte man sich nicht mit primitiven Vorrichtungen begnügen, sondern Apparate beschaffen, die sicher und zuverlässig funktionieren.

Dem biologischen Unterricht widmet der Verfasser längere Ausführungen, auf die wir hier nur hinweisen können. Die Beschränktheit der Zeit für den chemischen Unterricht am Gymnasium erkennt er an, sie ermögliche es nicht, den Schüler in das Wesen der induktiven Methode einzuführen. Daß man auf die Chemie am Gymnasium jetzt wohl zwei Semester verwenden könne, stimmt nicht mit den Lehrplänen, die dafür nur ein Semester frei lassen. [Ausnahmsweise und auf besonderen Antrag wird ein chemischer Vorkursus in O III gestattet, der nur unter Zurückschiebung der Anthropologie nach U III und auch dann nur für ein Vierteljahr sich ermöglichen läßt.] Von der Chemie an Oberrealschulen urteilt der Verfasser, daß bei dem ihr reichlich zugemessenen Raum Gelegenheit zu einer fruchtbaren Zentralisierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts gegeben sei, wenn nicht bloß geologische und geographische, sondern auch biologische Elemente herangezogen und der Blick auf den Zusammenhang der Naturerscheinungen gelenkt würde. Mit dieser beachtenswerten Anregung schließt der Verfasser seine Darlegungen. *P.*

---

5. Technik und mechanische Praxis.

Bogenlicht, Projektionsapparate von Schuckert & Co. (Beschreibung von Erzeugnissen und Anlagen der Elektr.-Akt.-Ges. vormals Schuckert & Co., Nürnberg, II, No. 40, Okt. 1902). Die besonders durch ihre bisher in Leistung unerreichten Marinescheinwerfer rühmlichst bekannte Firma fertigt neuerdings auch Projektionsapparate für wissenschaftliche Zwecke an. Während man früher derartige Vorrichtungen mit dem Foucault-Duboscyschen Uhrwerksregulator versah, an dessen Stelle man dann Handregulatoren mit schrägstehenden Kohlen verwendete, werden von der genannten Firma, wie dies gelegentlich auch schon anderweit geschehen, Bogenlampen der marktgängigen Form in einfache Gehäuse eingebaut, welche entweder für sich benutzt oder gleich mit der nötigen Optik versehen werden können. Die Apparate werden in zwei Größen angefertigt: Für Gleichstrom als kleines Modell für Stromstärken von 8÷20 Amp., als großes Modell für mehr als 20 Amp., für Wechselstrom als kleines Modell bis zu 30 Amp. Die Abmessungen mit eingesetzter Lampe, aber ohne Optik sind:

	Gleichstrom		Wechselstrom	
	Kleines Modell	Großes Modell	Kleines Modell	Großes Modell
Länge:	310	375	310	375 mm
Breite:	240	330	240	330 mm
Höhe:	656	905	740	1160 mm

Als Lampen werden verwendet: für Gleichstrom Modell *K*, für Wechselstrom Modell *W*. Beistehende Fig. 1 zeigt einen vollständigen Projektionsapparat für Gleichstrom, kleines Modell mit vollständiger Optik.

Die benutzten Gleichstromlampen Modell *K* (Beschreibung von Erzeugnissen und Anlagen der Elektr.-Akt.-Ges. vorm. Schuckert & Co., Nürnberg, I, No. 16, 1901) sind nichts anderes als neuere Formen der alten Lampe von Křižik und Piette (1880, D. R.-P. No. 2, 16297). Schuckert hatte 1880 die sogen. „Differentialringlampe“ herausgebracht (D. R.-P. No. 2, 13619), gab aber diese auf, um die Ausführung der Křižikpatente zu übernehmen. Eine solche Lampe, wie sie gegenwärtig verwendet wird, zeigt Fig. 2. Jeder Kohlenhalter

ist an einer gutgeführten Messinghülse befestigt, in welcher sich ein konischer Eisenkern befindet; beide Hülsen, und damit beide Kohlenhalter sind durch eine über eine feste Rolle geführte Schnur mit einander verbunden, jeder Eisenkern taucht in eine Spule ein. Die eine dieser beiden Spulen liegt im Hauptstromkreis, die andere im Nebenschluß, die Kräfte beider werden sich bei ruhigem Brennen das Gleichgewicht halten; ist aber die Stromstärke oder die Spannung zu groß, so überwiegt jeweils die Kraft der Haupt- oder Nebenschlußspule und es werden die Kohlen auseinandergezogen oder zusammengeführt, bis wieder Kräftegleichgewicht herrscht. Die Lampen können in die Apparate entweder senkrecht oder um ∾ 30° gegen die Senkrechte nach rückwärts geneigt eingesetzt werden; auch sind die Kohlenhalter so eingerichtet, daß die Kohlen gegeneinander vertauscht werden können, um bei Spektralversuchen die zu verwendenden Stoffe bequem in den Krater der dann unten stehenden + Kohle einführen zu können.

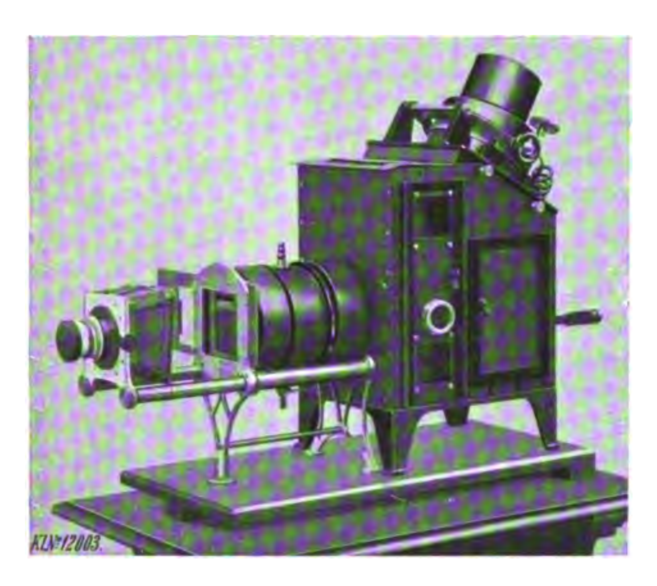




Fig. 1.

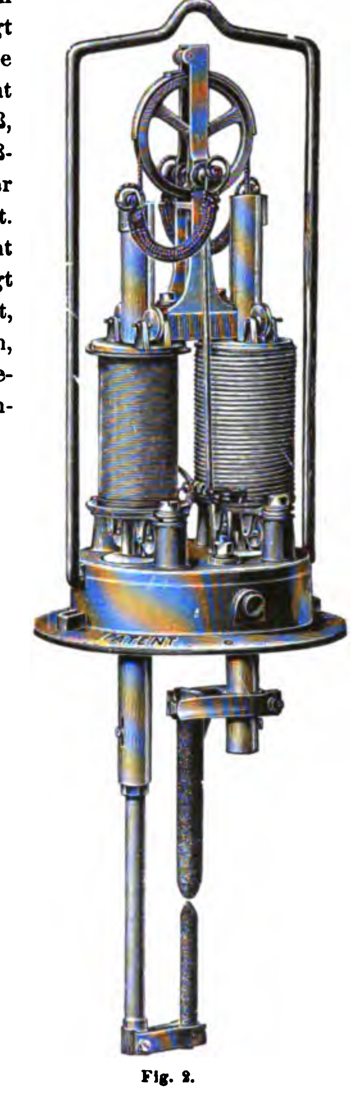


Fig. 2.

Die Wechselstromlampe Modell W (Beschreibung von Erzeugnissen und Anlagen der Elektr.-Akt.-Ges. vormals Schuckert & Co., Nürnberg, I, No. 17, 1901) zeigt hinsichtlich der Art der Kohlenbewegung das gleiche Prinzip: Stetige Nachstellung der Kohlenstifte, deren Stellung allein von den elektrischen Größen abhängig ist. Statt der langen Spulen ist aber hier eine Verbindung von zwei kleinen Wechselstrommotoren mit gemeinsamem Anker (D.R.-P. 78728, 1893) verwendet, siehe Fig. 3. Durch Zahnräder ist mit der Rolle, über welche die die Kohlenhalter verbindende Kette geführt ist, eine Aluminiumscheibe verbunden, deren obere Hälfte an zwei symmetrisch zur Mittellinie liegenden Stellen von zwei Hufeisenmagneten umfaßt wird, deren einer im Hauptstrom, der andere im Nebenschluß liegt. Unterhalb jedes Magneten ist noch eine Eisenarmierung angeordnet, und jeder Magnet mit der zugehörigen Armierung stellt den felderzeugenden Teil eines Drehstrommotors dar, der durch die Phasenverschiebung zwischen den Feldern seiner Teile gegeneinander und gegen das in der Aluminiumscheibe induzierte Feld auf diese drehend wirkt (N. Tesla, Untersuchungen über Mehrphasenströme und Ströme hoher Frequenz. Zusammengestellt von

Martin, deutsch von Maser, Halle. W. Knapp, 1895 S. 65 ff.) Die beiden so gebildeten Motoren wirken entgegengesetzt auf ihren gemeinsamen Anker: die Aluminiumscheibe, in der gleichen Weise wie bei Modell *K* die Spulen auf die miteinander verbundenen Kerne. Die beschriebenen Wechselstromlampen werden nur vertikal in die Projektionsapparate eingesetzt; eine besondere Einstellung des Lichtbogens ist durch Verrücken der unteren Kohle gegen die obere zu bewirken.

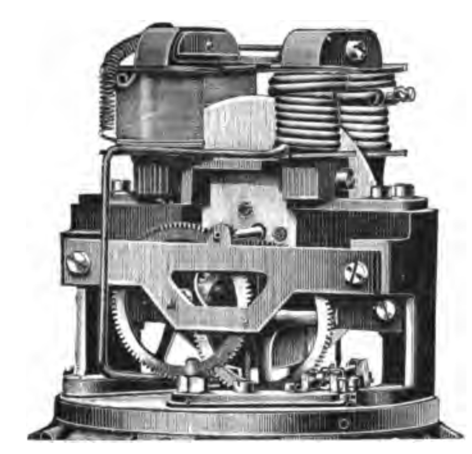


Fig. 8.

Die optischen Teile werden nicht von Schuckert selbst gefertigt, sondern, wenn Lieferung eines vollständigen Apparates gewünscht wird, von bewährten Spezialfirmen — z. B. Zeiß, Jena — bezogen.

Die Größe des im einzelnen Falle zu verwendenden Apparates hängt ab von der Größe der zu benutzenden Diapositive und dem zur Verfügung stehenden Raum, sowie der gewünschten Bildgröße. Für Gleichstrom gilt bei Diapositiven von 8,5 × 10 cm und einer Bildgröße von 2 ÷ 3 m Seitenlänge etwa folgendes:

Projektionsabstand:	5 ÷ 8	8 ÷ 10	> 10	Meter.
Stromstärke:	8 ÷ 10	10 ÷ 20	20 ÷ 35	Ampères.

Außer den beschriebenen Apparaten für selbsttätige Lampen liefert die Firma auch solche mit Lampen für Handregulierung, ebenfalls für Gleich- und Wechselstrom, für Stromstärken bis 30 Amp. *B. von Czudnochowski.*

Schreiben auf Glas, Porzellan u. dgl. *Deutsche Mech.-Ztg. 1901 S. 105.* Es läßt sich darauf mit jeder guten, nicht zu alten „Kaisertinte“ leicht schreiben, wenn man die zu beschreibende Stelle vorher mit einem kleinen Lappen, den man mit der Tinte ein wenig befeuchtet hat, überwischt und trocken reibt. Zu leicht entfernbarer Schrift benutzt man gute blaue Kopiertinte. Eine gut haftende Schrift hingegen erhält man bei Benutzung von Wichmanns flüssigen Tuschen. Setzt man diesen Tuschen eine Spur Wasserglas zu, so haftet die Schrift wie eingebrannt. Man darf aber immer nur wenige Kubikzentimeter zurechtmachen, da nach längerem Stehen sich die Kieselsäure abscheidet, wodurch die Tusche unbrauchbar wird. Bormann (Berlin, Brüderstr.) liefert eine schwarze Ätztinte, die außerordentlich fest auf Glas u. dgl. haftet. Beim Schreiben damit benutze man eine mittelharte Stahlfeder, doch nur so lange, bis sie kratzt. Leicht abwischbare Bezeichnungen stellt man am besten mit Fettstiften in Holzmantel von A. W. Faber, Joh. Faber, Kurz u. a. her. Für Schriften auf Glas verwende man gelbe Stifte, für Schriften auf Messing hingegen blaue.

Über das Schreiben auf Glas u. dgl. mittels eines Platinbrenners macht Dr. Torsten Thunberg in der *Deutschen Mech.-Ztg. 1901 S. 128* beachtenswerte Mitteilungen. Er weist darauf hin, daß man mit einem weißglühenden Platinbrenner auf Glas ebenso gut wie mit einer guten Feder auf Papier schreiben kann. Man vermag so einfachere Projektionsbilder anzufertigen, denn die Linien treten bei der Projektion dunkel hervor, nötigenfalls kann man sie durch Anreiben mit einem Blei- oder Farbstifte verstärken. Auch beim Glasblasen ist der Platinbrenner nützlich, da man mit ihm eine bestimmte Stelle einer hohen Wärme aussetzen kann, ohne daß diese sich stark nach den Seiten verbreitet. Besonders hervorzuheben ist die Leichtigkeit, womit man dünnes Glas mittels des Platinbrenners durchbohren kann. Thunberg benutzte die Platinbrenner, die man zum Einbrennen von Zeichnungen auf Holz gebraucht. Den Brenner setzte er mit einer Wasserstrahl-Luftpumpe, die einen mit Benzindämpfen gemischten Luftstrom trieb, in Verbindung. Zum Schreiben verwandte er einen Stift mit feiner Spitze. *H.-M.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Hermann von Helmholtz. Von Leo Königsberger. I. Band. Mit drei Bildnissen. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1902. XI und 375 S. M 8, geb. M 10 und M 12.

Es ist uneingeschränkten Dankes wert, daß der Verfasser, der durch sein gleichzeitiges Wirken an der Heidelberger Universität in nahe persönliche Beziehung zu Helmholtz getreten war, der wissenschaftlichen Welt diese Biographie des genialen Forschers geschenkt hat. Der vorliegende erste Band reicht bis zur zweiten Verheiratung von Helmholtz im Jahre 1861; er umfaßt die Jugendjahre, dann die Königsberger, Bonner und den Anfang der Heidelberger Zeit. Es ist schwer zu sagen, was wir höher stellen sollen, die lebendige Schilderung der durch und durch wahrhaftigen, gegen Freunde und Mitstrebende gleich rücksichtsvollen und gerechten Persönlichkeit oder die knappe und doch meisterhaft klare und scharfe Kennzeichnung der wissenschaftlichen Leistungen Helmholtzens. In der ersteren Hinsicht finden wir von neuem bestätigt, eine wie vornehme Natur Helmholtz in den nicht seltenen Fällen gezeigt hat, in denen andere zu denselben Entdeckungen wie er selbst gelangt waren. Auch die leidige Prioritätsangelegenheit mit Robert Mayer kommt zur Sprache; zweifellos steht Helmholtz ohne den geringsten Makel da; doch wird das Verdienst Mayers in dieser Biographie nicht ganz so unbefangen gewürdigt, wie etwa in Machs Prinzipien der Wärmelehre. In wissenschaftlicher Hinsicht stellt sich uns die Königsberger Periode Helmholtzens, mit der Paduaner Zeit Galileis vergleichbar, als das Erstaunlichste dar, was man sich an Fruchtbarkeit denken kann, zumal wenn man in Betracht zieht, daß Helmholtz gleichzeitig in der pathologischen Anatomie und der Physiologie Vorlesungen zu halten hatte. Willkommen ist auch, daß der Herausgeber aus den gedankenreichen, philosophische Fragen behandelnden Briefen des geistig bedeutenden Vaters größere Auszüge mitteilt und einen das künstlerische Gebiet streifenden anatomischen Einleitungsvortrag an der Akademie der Künste im Wortlaut wiedergibt. Dem zweiten Band wird man allseitig mit Spannung entgegensehen. *P.*

Leitfaden für den Unterricht in der Experimentalphysik an Ober-Realschulen, Realgymnasien und Gymnasien. Nach dem Lehrbuch der Physik von E. Budde bearbeitet von Prof. Dr. J. Kießling. Mit 272 Textabbildungen. VIII und 412 S. Berlin, Paul Parey, 1902. Geb. M 5,50.

Wenn das Ideal eines Lehrbuchs der Physik in einer Vereinigung systematischer Darstellung mit methodischer Behandlung des Stoffes zu erblicken ist, so kommt das vorliegende Lehrbuch diesem Ideal näher, als viele andere. Im Gesamteindruck allerdings überwiegt die erstere Seite noch etwas zu sehr; es liegt dies aber schon in der Tradition des älteren Buddeschen Buches, dessen Grundcharakter ein systematisch-deduktiver war. Um nur weniges herauszuheben, so erscheint die Behandlung der magnetischen Stromwirkung und der Tangentenbussole der systematischen Anordnung zuliebe allzuweit hinausgeschoben, Elektromotoren und Dynamomaschinen, die eng zusammengehören, sind voneinander und von den Wechselstrommaschinen aus systematischen Gründen getrennt. Im einzelnen dagegen ist zumeist den induktiv-methodischen Forderungen ihr Recht geworden. So entspricht namentlich die völlig umgearbeitete Magnetik und Elektrik durchaus dem modernen Standpunkt. Erfreulich ist insbesondere die exakte Behandlung des Kraftlinienbegriffs und nicht minder der wohlüberlegt und allmählich vollzogene Übergang vom Ladungsgrad zum Potential. Den begrifflichen Gegensatz von Spannung und Potential auszugleichen, ist freilich auch dem Verfasser nicht gelungen. Und überhaupt ist es bei einem solchen Versuch durchgängiger Neugestaltung wohl nicht zu vermeiden, daß dies und jenes anfechtbar bleibt. So ist die Proportionalität der Ladungsstärke und der Ladungsmenge eines Elektroskops (S. 309) nicht willkürlich, sondern beruht auf der Definition der ersteren; die Erklärung der verschiedenen Dichte an der Oberfläche eines Leiters aus den Abstoßungskräften hypothetischer elektrischer Teilchen (von denen sonst kein Gebrauch gemacht ist) ist veraltet und könnte um so eher fehlen, als später (§ 504) die zureichende Begründung aus der Potentialtheorie gegeben ist. Ganz vortrefflich ist die Art, wie die Elemente der Potentialtheorie dargelegt und zur Erklärung der Erscheinungen verwandt sind. Besondere Sorgfalt hat der Verfasser den Maßbestimmungen der elektrischen Grundeinheiten gewidmet, ohne das Maß des für die Schule Brauchbaren und Wünschenswerten zu überschreiten.

Auch die übrigen Abschnitte sind durchgehend neu bearbeitet worden; es ist dem Referenten besonders erfreulich gewesen, konstatieren zu können, daß die in dieser Zeitschrift gegebenen Anregungen vielfach Beachtung und Verwendung gefunden haben. Zur Optik wäre indessen zu bemerken, daß die von Pernter uns an die Hand gegebene Erklärung des Regenbogens die ältere Descartessche Erklärung nicht ausschließt, sondern nur modifiziert; sonst wäre es unzulässig, in einem auf Exaktheit Anspruch machenden Buche überhaupt die letztere noch vorzutragen. — In der Mechanik hat der Verfasser am wenigsten verändert; diese bildete schon die Glanzseite des älteren Buches. Hier

sollten jedoch bei einer neuen Auflage auch einige Versehen bezüglich der leidigen Zentrifugalkraft verschwinden. Anerkennung verdient das Schlußkapitel des Buchs, in dem auf wenigen Seiten eine lehrreiche Übersicht über die Verwandlungen der Energie, ihre Quellen und ihre Zerstreuung gegeben ist.

Das Buch ist dem Titel nach in erster Reihe für Realanstalten bestimmt und für diese auch in hohem Maße zu empfehlen. Für Gymnasien dürfte der Stoff angesichts des neuerdings immer mehr sich geltend machenden Strebens nach Beschränkung noch zu reichlich bemessen sein; hier müßte eine Auswahl des unbedingt Verwendbaren stattfinden. Hinsichtlich der Experimente hat der Verfasser meist nur kurze Andeutungen gegeben; er macht aber im Vorwort die willkommene Mitteilung, daß er mit der Ausarbeitung eines „experimentellen Hilfsbuches" beschäftigt ist, das die praktischen Erfahrungen des bewährten Experimentators der Allgemeinheit nutzbar machen wird. *P.*

Physikalische Grundbegriffe. Von P. Johannesson, Oberlehrer am Sophien-R.-G. in Berlin. Mit 54 Figuren auf 3 lithographierten Tafeln. Berlin, Julius Springer, 1902. 55 S. Kart. M 1,40.

Der „Physikalischen Mechanik", die in Jahrgang *XIV 111* besprochen ist, hat der Verfasser dieses Heft folgen lassen, das mit jener zusammen ein Lehrbuch für den Anfangsunterricht in der Physik bilden soll. Es umfaßt einen Abschnitt über das Licht, der bis zum Verständnis der Projektionslampe und der Spiegelablesung führt, einen über die Wärme, in dessen Mittelpunkt das Thermometer steht, zwei über die elektrischen Grundbegriffe und deren Anwendung, wobei der Niveaubegriff eine Hauptrolle spielt, einen über das „Galvanielement" mit Messungen über Niveauunterschied und Stromstärke, einen über Magnetismus unter besonderer Berücksichtigung der Kraftlinien. Der Verfasser hat sich in Bezug auf die von ihm getroffene Auswahl eine außergewöhnliche Beschränkung auferlegt, sein Ziel ist die gedankliche Durchdringung des Stoffes, die durch übertriebene experimentelle Vorführungen nur zu leicht erstickt werde. Wir geben dem Verfasser in letzterer Hinsicht durchaus recht, möchten aber als Ergänzung hinzufügen, daß man auch in abstrahierender Betrachtung zu weit gehen kann. Gewiß sollen die Schüler schon auf der Unterstufe dazu angeleitet werden, sich klare und reinliche Vorstellungen zu bilden, aber doch sollten diese Vorstellungen aus den Tatsachen herauswachsen, nicht überwiegend als vorgebildete Begriffe an die Tatsachen herangebracht werden. Die Schüler haben, besonders auf der fraglichen Stufe, einen ungemeinen Durst nach dem Tatsächlichen, es ist nicht gut, wenn ihnen dieses von Anfang an mit einem zu straff gespannten Begriffsnetz überzogen wird; dem Empirismus entgeht man, um einem nicht weniger gefährlichen Dogmatismus zu verfallen. Wir glauben umsomehr das Recht zu einem solchen Einwurf zu haben, weil wir dem theoretischen Standpunkt des Verfassers durchaus sympathisch gegenüberstehen und das letzte Ergebnis auch des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Einsicht erkennen, daß es menschliche Ideen sind, durch die wir die Tatsachen verstehen und beherrschen.

Auf Einzelheiten möchten wir nicht eingehen, obwohl wir mehrfach von dem Verfasser abweichen. Der klaren und strengen Form der Darstellung gebührt rückhaltlose Anerkennung; kein Leser wird das Schriftchen ohne nachhaltige Anregung aus der Hand legen. Beachtung verdienen auch die jedem Abschnitt zugefügten Übungen, die teils Rechen- teils Denkaufgaben enthalten. *P.*

Physikbuch mit in den Text eingedruckten farbigen Abbildungen. Ein Lehrbuch der Physik für den Schulunterricht und zur Selbstbelehrung. Von Prof. W. Weiler. II. Band: Mechanik, mit 250 Abbildungen. 156 S. geb. M 2,50. III. Band: Schwingungen und Wellen, Akustik, mit 80 Abbildungen. 52 S. geb. M 1,20. IV. Band: Kalorik, mit 95 Abbildungen. 88 S. geb. M. 1,50. V. Band: Optik. Mit 202 Abbildungen. 139 S. Nebst geschichtlicher Tabelle und Fremdwörtererklärung. Geb. M 2,50. Verlag von J. F. Schreiber, Eßlingen und München. (Kleine Bibliothek Schreiber No. 11—14.)

Der erste, Magnetismus und Elektrizität umfassende Band (Preis M 4,50) wurde bereits im letzten Jahrgang (S. 187) angezeigt. Das Prinzip der farbigen Abbildungen bewährt sich in vielen Fällen, namentlich auch bei Darstellungen aus der Natur recht gut, obschon Mißgriffe bei diesem ersten Versuch nicht ausgeblieben sind (z. B. Bd. II Fig. 8.). In die Mechanik sind vielfach Versuche aus dieser Zeitschrift aufgenommen, wie der Verfasser im Vorwort auch ausdrücklich hervorhebt. Manches Verfehlte in der Darstellung mag sich aus der Eile der Herstellung erklären; zum Bedenklichsten gehört, daß der Präzession eine Verlängerung des Sterntags um jährlich 4 Sekunden zugeschrieben wird. Im Band IV ist ein wenig geeigneter Versuch zur Bestimmung der Verdampfungswärme angegeben, der Leidenfrostsche Versuch durch eine zu stark übertreibende Figur erläutert. In Band V sind beim Regenbogen wohl Airy und Pernter erwähnt, ihre Erklärung aber nicht zur Einschränkung der Gültigkeit der Descartesschen Erklärung herangezogen. Die zu Band V zugefügte historische Tabelle bedürfte auch einiger Berichtigungen. Im ganzen betrachtet bieten die Bände

jedoch einen mit praktischem Blick zusammengestellten Stoff und können insbesondere auch durch die eigenartigen Figuren anregend wirken. *P.*

Die Weltherrin und ihr Schatten. Ein Vortrag über Energie und Entropie von Dr. Felix Auerbach, Professor an der Universität Jena. Jena, Gustav Fischer, 1902. 56 S. M 1,20.

Der Titel sagt bereits, was unter der Weltherrin und ihrem Schatten verstanden ist; sonst wäre es nicht leicht zu erraten. Auch die wörtliche Übersetzung von Entropie mit „Nach-innen-Kehrung“ ist nicht glücklich, da der Schöpfer dieses Begriffs dabei an Verwandlungen und deren Inhalt gedacht hat. Der Vortrag ist im übrigen ansprechend geschrieben und mit einer Reihe von Anmerkungen versehen, die auf Einzelheiten des Textes näher eingehn. *P.*

Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1902. Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner herausgegeben von Dr. J. M. Eder. 16. Jahrg. Mit 351 Abbildungen im Text und 29 Kunstbeilagen. Halle a. S., Wilhelm Knapp, 1902. IX und 755 S.

Der starke Band enthält außer dem laufenden Jahresbericht über die Fortschritte der Photographie und Reproduktionstechnik und dem Verzeichnis der Patente eine große Zahl von Originalbeiträgen, die fast die Hälfte des Bandes einnehmen. In physikalischer Hinsicht besonders bemerkenswert sind die Aufsätze von Neuhauß über Dreifarbenphotographie durch Körperfarben, von H. Krüß über die Messung der Helligkeit von Projektionsapparaten, von J. Elster über die photographische Wirkung von Becquerelstrahlen, von G. C. Schmidt über die chemischen Wirkungen der Kathodenstrahlen, von Monpillard über die stereoskopische Photographie kleiner Gegenstände, von J. Hartmann über ein Hilfsmittel zur Untersuchung von Objektiven, von A. Sieberg über das Photographieren von Halos, von Doležal über Stereoskopie. Die Kunstbeilagen sind ebensoviel Zeugnisse für die stets zunehmende Vervollkommnung der Reproduktionstechnik. *P.*

Anleitung zur Photographie von Pizzighelli. Mit 205 in den Text gedruckten Abbildungen und 24 Tafeln. 11. vermehrte und verbesserte Auflage. Halle a. S., Wilhelm Knapp, 1901. 396 S. Preis geb. M 4.

Das bekannte und geschätzte Buch hat mit dieser Auflage eine Verbreitung von 30000 Exemplaren erreicht. Diese Tatsache spricht dafür, daß das Buch in seinem Streben, in technischer und künstlerischer Beziehung ein treuer Berater zu sein, allseitige Anerkennung gefunden hat. Gegen frühere Auflagen — mir ist die achte aus dem Jahre 1897 zur Hand — ist es im Äußeren sehr zu seinem Vorteil fortgeschritten. Das Taschenbuchformat hat sich in das volle Oktav verwandelt. Dadurch ermöglichte sich die Aufnahme einer größeren Zahl künstlerischer Proben in nicht zu kleinem Maßstabe. Ferner entsprechen Papier und Druck jetzt auch verwöhnten Ansprüchen.

Die Anordnung des Stoffes ist, wie die Sache es mit sich bringt, die gleiche geblieben. Einen besonderen Abschnitt bei Besprechung der Kamera hat der Bildsucher erhalten. Die Apparate zur Aufnahme bewegter Szenen sind getrennt nach den Gesichtspunkten Kastenkamera und Klappkamera. Beim Negativprozeß werden behandelt der Ferrooxalat-, Pyrogallol-, Hydrochinon-, Eikonogen-, Metol-, Amidol-, Pyrokatechin-, Glyzin-, Rodinal-, Ortol-, Diogen-, Diphenal-, Adurol-Entwickler. Der Abschnitt Positivprozeß hat entsprechend der Entwickelung der Technik eine beträchtliche Erweiterung erfahren (Kopieren auf Bromsilberpapier, Chromatdruck, Hinterkleidung der Platten). Die Berechnung der approximativen Kosten der ersten photographischen Einrichtung fehlt mit Recht; denn die Grenzen dieser Kosten gehen nach der Mannigfaltigkeit der Ansprüche bei dem Angebot billiger Apparate einerseits und dem hohen Preise der neuesten Objektive andererseits sehr auseinander. Ebensowenig wird es jemand stören, daß in der Vorschrift für den Sublimatverstärker (S. 183) Wasser krystallisiert statt destilliert verlangt ist. *R. Heyne.*

Die Elektrizität in Gasen. Von Dr. Johannes Stark. Mit 144 Abbildungen. Leipzig 1902. Johann Ambrosius Barth. 509 Seiten. 12 M.

Der Verfasser gibt in dem Werk eine zusammenfassende Darstellung der elektrischen Vorgänge in Gasen; der Inhalt der sehr umfangreichen und weit zerstreuten, übrigens in prinzipieller Hinsicht auch sehr verschiedenwertigen Litteratur ist an der Hand der Ionentheorie systematisch geordnet und durch eigene experimentelle und theoretische Untersuchungen vermehrt. Man gewinnt also durch die Lektüre nicht nur einen vollständigen und klaren Überblick über die dem behandelten Gebiete zugehörenden Erscheinungen, sondern wird auch in beständiger Anwendung auf die verschiedenartigsten Probleme mit den Grundlagen der Ionenhypothese bekannt gemacht. Mathematische Herleitungen sind sparsam und immer elementar gegeben, die Ausgangsformeln allerdings nicht immer ohne weiteres verständlich (z. B. S. 190). Der wichtigste Arbeitsbegriff des Verfassers ist der Ionenstoß: indem Ionen große Spannungsdifferenzen frei durchlaufen, erhalten sie eine so große kinetische

Energie, daß sie durch ihren Stoß neutrale Teilchen unter Verwandlung von kinetischer in potentielle Ionenenergie ionisieren können (S. 54). Wir haben es hier mit einer Anwendung der kinetischen Gastheorie auf die Ionen zu tun, die auch in allen anderen Eigenschaften als Gas charakterisiert werden. Daß die vielfachen Bedenken gegen die Atomlehre überhaupt und die kinetische Gastheorie insbesondere sich gegen diese Ionenhypothese in verstärktem Maße richten müssen, ist selbstverständlich. Aber es ist fraglich, ob man etwas Besseres geben kann, wenn man bemüht ist, sich die Vorgänge möglichst zu veranschaulichen. In dem vorliegenden Werke erweisen sich die Ionen jedenfalls als ein äußerst wirksames Erklärungsmittel.

Äußerlich ordnet sich der Stoff in dem Buche gewissermaßen in konzentrischen Kreisen. Die Folgen sind ein häufiges Vorwegnehmen von Begriffen, die erst an späterem Ort ihre Definition erhalten, und vielfache Wiederholungen; leider fehlt ein Sachregister, das diese Übelstände mindern könnte. Eine Reihe von Schreib- und Druckfehlern werden aufmerksame Leser, wie sie die äußerst fleissige Arbeit entschieden verdient, leicht selbst verbessern können. *Hans Keferstein*, Hamburg.

Acht Vorträge über physikalische Chemie. Von J. H. van 't Hoff. Mit in den Text eingedruckten Abbildungen. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1902. 81 S. M 2,50.

Diese Vorträge wurden auf Einladung der Universität Chicago, bei Gelegenheit der zehnjährigen Gedenkfeier ihrer Gründung, gehalten. Den Inhalt derselben bilden die Beziehungen der physikalischen Chemie zur reinen und technischen Chemie, sowie zur Physiologie und Geologie. Im 1. und 2. Vortrage wird gezeigt, wie befruchtend die neuere physikalische Chemie auf gewisse Probleme der anorganischen Chemie eingewirkt hat; es wird die Theorie der Lösungen und die elektrolytische Dissoziation kurz charakterisiert und insbesondere das Problem der Reaktionsvoraussagung und die Messung der Reaktionsarbeit, unter kritischer Beleuchtung des Berthelotschen Prinzips der größten Arbeit behandelt. Im 3. und 4. Vortrage wird hauptsächlich die Anwendung der neueren Anschauungen auf die Metallkunde, insbesondere auf die zu einem besonderen Wissenschaftszweig herangewachsene Stahlkunde, die „Siderologie“ erörtert; es wird gezeigt, wie die Übertragung der Gesetze der flüssigen Lösungen auf die sogenannten festen Lösungen einen Einblick in das Verhalten der kohlenstoffhaltigen Eisenformen ermöglicht hat. Im 5. und 6. Vortrage werden die Beziehungen der Theorie der Lösungen zu verschiedenen Lebensvorgängen dargelegt, beispielsweise der enge Zusammenhang zwischen der Funktion der roten Blutkörperchen und dem osmotischen Druck der umgebenden Flüssigkeit. Des weiteren wird noch auf ein sehr aktuelles Thema, das der Enzyme, eingegangen und deren Bedeutung für die höchsten Ziele der synthetischen organischen Chemie berührt. In den beiden letzten Vorträgen begegnen wir dem Verfasser auf seinem neuesten Arbeitsgebiet; sie beschäftigen sich mit dem schwierigen Problem der Krystallisationsvorgänge in komplexen Lösungen, wie solche z. B. für die Entstehung der Staßfurter Salzablagerungen in ausgedehntem Maße anzunehmen sind. Eigenartige stereometrische Figuren kommen hier dem Verständnis wesentlich zu Hilfe. Im ganzen tritt durch die Schrift das Imposante der neuen Theorie, das darin besteht, daß sie auf die verschiedenartigsten Zweige der Wissenschaft und Technik so befruchtend einwirkt, klar zu Tage. Die gewählte Form des Vortrages macht die Lektüre der allgemein empfehlenswerten Schrift noch besonders anziehend. *O.*

Dr. Fr. Rüdorffs Grundrifs der Chemie für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Völlig neu bearbeitet von Dr. Robert Lüpke, Oberlehrer am Dorotheenstädtischen Realgymnasium zu Berlin. Mit 294 Holzschnitten und 2 Tafeln. Zwölfte Auflage. Berlin 1902. Verlag von H. W. Müller. XIV und 532 S. Brosch. 5 M, gebunden 5,60 M.

Die durchgreifende Umgestaltung, die das Lehrgebäude der Chemie in den beiden letzten Jahrzehnten erfahren hat, hat den chemischen Unterricht vor neue Aufgaben gestellt. Ihnen gerecht zu werden, hat als erster Wilhelm Ostwald in seinen Grundlinien der anorganischen Chemie (vergl. *d. Z. XIV, 114)* versucht. Diesem für den Studierenden bestimmten Werk ist nun ein in ähnlichem Sinne abgefaßtes Lehrbuch für höhere Schulen gefolgt. Bei der vorliegenden Neubearbeitung des Rüdorffschen Grundrisses hat Herr Lüpke sich nämlich zum Ziel gesetzt, die „Fortschritte der wissenschaftlichen und technischen Chemie in ausreichendem Maße“ zu berücksichtigen. Da diese aber „in erster Linie auf der konsequenten Anwendung des Energieprinzips“ beruhen, so dürfe, meint er, auch „ein für den chemischen Unterricht an höheren Schulen bestimmtes Lehrbuch die Beziehungen der chemischen Energie zu den anderen Energieformen nicht außer acht lassen“ und müsse daher „die Grundlehren der Thermochemie, Elektrochemie und Photochemie“ in sich aufnehmen; jedoch seien diese Lehren nicht einzeln für sich zu behandeln, sondern „der gesamte Unterrichtsgang muß von den Sätzen dieser Gebiete der physikalischen Chemie, besonders von der Theorie der elektrolytischen Dissoziation der Ionen, ohne welche man nicht mehr auskommt, durchdrungen sein“.

Was die hierin liegende Schätzung der neueren Vorstellungen betrifft, so wird man dem Verfasser zustimmen dürfen. Jedes streng wissenschaftliche Lehrbuch wird daher in Zukunft den neuen Vorstellungen Rechnung tragen müssen. Andere Aufgaben jedoch als ein Buch für angehende Naturforscher oder Techniker hat ein Schulbuch. Es soll die Elemente der reinen wie angewandten Chemie bringen und vor allem in die induktive Methode einführen. Hypothesen sind hierbei nur heranzuziehen, soweit man sie wirklich braucht. Über das, was die Elemente einer Wissenschaft ausmacht, kann man natürlich verschieden urteilen. Herr Lüpke rechnet jedoch vieles hierher, was man im allgemeinen selbst in Anfangsvorlesungen auf Hochschulen nicht vorträgt, beispielsweise die Messung der Stärke der Säuren nach der Geschwindigkeit ihrer Reaktionen, die Theorie der galvanischen Ketten und Akkumulatoren in recht weitem Umfange u. dergl. mehr. Ferner tritt dem Schüler hier von Anfang an eine Fülle von Hypothesen, und zwar von solchen, die nicht immer leicht aufzufassen sind, entgegen. Hierfür nur ein Beispiel. Nachdem im § 2 das Wesen des chemischen Vorgangs durch die bekannten Versuche mit Eisen- und Schwefelpulver erläutert worden ist, wird sofort (S. 5) hinzugefügt, daß „dieser Wechsel der Eigenschaften ..... durch die Änderung des Energieinhalts, der ursprünglich den Bestandteilen des Gemenges in latenter Form als chemische Energie innewohnte“, bedingt ist; im Anschluß hieran wird weiter definiert, daß „jeder chemische Vorgang durch eine Änderung der chemischen Energie der aufeinander reagierenden Stoffe“ gekennzeichnet wird. Ob dies dem Sekundaner so verständlich sein wird, wie die übliche Art, die chemischen von den physikalischen Vorgängen zu unterscheiden, ist sehr zweifelhaft, umsomehr, als die Begriffe Energie und speziell chemische Energie außer durch das beigefügte Wort Leistungsfähigkeit nicht erklärt werden. Auch in der Berücksichtigung der technischen Chemie ist der Verf. sehr weit gegangen, wie die besonderen Abschnitte über Beleuchtungswesen, Sprengstoffe, photochemische Vorgänge u. s. w., sowie die zahlreichen graphischen Darstellungen und statistischen Tabellen lehren. Daß unter diesen Umständen von dem wohlbekannten alten Rüdorff nur sehr wenig übriggeblieben, vielmehr ein gänzlich neues — beiläufig bemerkt, doppelt so starkes — Buch entstanden ist, ist wohl selbstverständlich. Nur der organische Teil hat zunächst keine wesentliche Umarbeitung erfahren. Mineralogie und Geologie sind in der bisherigen Weise berücksichtigt.

Wenn auch hiernach das Buch als für die Hand des Schülers wenig geeignet bezeichnet werden muß, so hat es doch im übrigen große Vorzüge. Vor allem sind die neueren Anschauungen nicht äußerlich hineingearbeitet, sondern der Stoff ist durchaus von ihnen durchdrungen. Zu rühmen ist ferner die große Zahl neuer und guter, vor allem auch messender Versuche. Das Buch darf daher jedem Fachgenossen, der sich mit den neueren Vorstellungen und ihren Anwendungen vertraut machen will, warm empfohlen werden. Studierende werden es ebenfalls mit großem Vorteil benutzen. Übrigens ist der Hauptteil des Buches, die anorganische Chemie, gesondert zu haben. Schließlich sei auf einige Ungenauigkeiten hingewiesen: Die Verbindung FeS wird einmal Eisensulfür, das andere Mal Eisensulfid genannt (S. 5 und S. 23), die Definition des Begriffs „Gestein“ (S. 194) läßt zu wünschen übrig, und die Kapitelüberschrift „Einleitung in die Metalle“ (S. 205) müßte „Einleitung in die Chemie der Metalle“ heißen. *J. Schiff.*

Naturlehre für höhere Mädchenschulen, Lehrerinnen-Seminarien und Mittelschulen. Von K. Meyer, Seminardirektor in Straßburg. Mit 286 Abbild., 2. verbess. Aufl., Leipzig, G. Freytag, 1902. 220 S. geb. M 2,20.

Das Buch ist in geschickter Weise den Bedürfnissen der oben genannten Anstalten angepaßt. Den Belehrungen über die alltäglichen physikalischen Erscheinungen, zumal über die des Haushaltes, ist besondere Sorgfalt gewidmet, und dementsprechend sind auch die chemischen Kapitel abgefaßt, beispielsweise finden sich etliche organische Substanzen berücksichtigt. Wenn man auch mit manchen Einzelheiten nicht ganz einverstanden sein kann — so ist ohne rechten Grund in der Wärmelehre zuerst die Wärmeleitung, ja sogar die Strahlung und dann erst die Ausdehnung behandelt, auch haben die „elektrischen Grundgesetze“ z. T. eine etwas merkwürdige Fassung erhalten — so ist doch im ganzen die Auswahl geschickt getroffen, die Ausdrucksweise fließend, auch berühren die historischen Hinweise in erzählender Form angenehm, kurzum das Buch ist wohl geeignet, in den Kreisen, für die es bestimmt ist, Interesse für die Naturlehre zu erwecken. Ein Register fehlt. *O.*

Lehrbuch der anorganischen Chemie. Von Prof. Dr. J. Lorscheid. 15. Aufl. von Dr. F. Lehmann, Siegen. Mit 221 Abbild. u. einer Spektraltafel in Farbendruck. Freiburg i. B., Herder, 1902. 344 S. M 3,60, geb. M 4,10.

Der Bearbeiter des vielgebrauchten Lehrbuches ist mit Erfolg bemüht, durch Aufnahme der wichtigsten Bestandteile der modernen Theorieen, wie der thermochemischen Gesetze und der elektrolytischen Dissoziation, das Buch den neueren Anforderungen entsprechend zu gestalten. Auch in der

Metallkunde ist den neueren Fortschritten Rechnung getragen, die statistischen Angaben sind nach amtlichen Quellen revidiert worden. Die bei Besprechung der vorigen Auflage (ds. Zeitschr. *XIII 356*) näher bezeichneten Mängel, besonders des einleitenden Teiles, sind zwar in der neuen Ausgabe ausgeglichen; dennoch wäre es erwünscht, wenn dieser ganze einleitende Teil einer gründlichen Umarbeitung unterzogen würde, wobei das Voranstellen der Definitionen zu vermeiden und überhaupt die Grundbegriffe mehr experimentell abzuleiten als zu definieren wären; auch der viele Kleindruck fiele zweckmäßig fort. *O.*

Programm-Abhandlungen.

Der Anfangsunterricht der Chemie und Mineralogie in Frage und Antwort. Nach dem methodischen Lehrgang von Arendt bearbeitet von Dr. E. Zimmermann, Städt. R.-S. zu Elberfeld, 1902. Progr.-No. 551. 144 S. 8°.

Der Verf. stellt in engstem Anschluß an die Lehrstoffgliederung in den Arendtschen Lehrbüchern, gewissermaßen als eine Ergänzung zu diesen, 508 kurzgefaßte Fragen auf und gibt dazu die entsprechenden, oft recht ausführlichen Antworten. Es wird dadurch, wie es auch in der Absicht des Verf. liegt, dem Lehrer ein nützliches Hülfsmittel der Vorbereitung und dem Schüler Gelegenheit geboten, durch eigenes Nachdenken den Lehrstoff sich noch mehr zu eigen zu machen — sofern diese Fragen ohne die Antworten den einzelnen Abschnitten eingefügt werden. Anzuerkennen ist das wiederholt hervortretende Prinzip, auch die physikalische Seite der chemischen Erscheinungen gebührend mit in Betracht zu ziehen. Auch tritt der Verf., unter Bezugnahme auf die Pietzkersche Rede in der Aachener Naturforscherversammlung über „Sprachunterricht und Sachunterricht“, nachdrücklich für eine weitere Ausdehnung des naturwissenschaftlichen Unterrichts ein. Die mit Sorgfalt und Sachkenntnis verfaßte Arbeit kann auch bei der Aufstellung schriftlicher Übungsarbeiten passend Verwendung finden. *O.*

Versammlungen und Vereine.

Naturwissenschaftlicher Ferienkursus zu Berlin.

30. September bis 11. Oktober 1902.

Der Kursus wurde am 30. September durch den mit seiner Leitung beauftragten Provinzialschulrat, Geh. Regierungsrat Dr. Vogel in den Räumen der alten Urania eröffnet. Daran schloß sich unter der Führung des Oberlehrers Dr. Röseler eine Besichtigung der mit dem Kursus verbundenen Ausstellung botanischer und zoologischer Lehrmittel. Die Zahl der aus der ganzen Monarchie einberufenen Teilnehmer betrug 33.

Das Arbeitsprogramm der einzelnen Tage umfaßte zunächst von 9 bis 10½, bezw. 11 Uhr Vorträge. Es sprachen Dr. Süring, Abteilungsvorsteher am Königlichen Meteorologischen Institut: Über Wetterkarten und Wetterprognose (2mal 1½ St.); Dr. Ruff: Über chemische Reaktionen bei hohen und tiefen Temperaturen (2mal 1½ St.); Geh. Bergrat Professor Dr. Branco: Über Vulkane und Erdbeben (2 St.); Professor Dr. Miethe: Über farbige Photographie durch additive Synthese und über radioaktive Substanzen (je 1½ St.); Professor Dr. Wedding: Über Fortschritte der Beleuchtungstechnik mit besonderer Berücksichtigung der schulhygienischen Anforderungen; Geh. Regierungsrat Professor Dr. Schwendener: Über den gegenwärtigen Stand der Deszendenzlehre in der Botanik.

Den Vorträgen folgte von 11½ bis 1½ Uhr Vormittags und von 3½ bis 5½ Uhr Nachmittags praktisches Arbeiten in der alten Urania. Für diese Arbeiten waren die Teilnehmer in 3 Gruppen geteilt. Gruppe A arbeitete unter der Leitung des Oberlehrers Dr. Lüpke in einem Experimentierkursus über die wichtigsten Erscheinungen auf dem Gebiete der theoretischen und praktischen Elektrochemie (8mal 2 St.) und unter der Leitung des Mechanikers und Optikers Hintze praktisch in der mechanischen Werkstatt (7mal 2 St.). Gruppe B arbeitete unter Leitung des Astronomen Dr. Graff in einem praktischen Kursus über astronomische Messungsmethoden (7mal 2 St.) und ebenso wie Gruppe A unter der Leitung des Mechanikers Hintze in der mechanischen Werkstatt (8mal 2 St.). Für Gruppe C war unter der Leitung des Privatdozenten Dr. Kolkwitz in 8mal 2 St. ein mikroskopischer und physiologischer Kursus über hygienisch und wirtschaftlich wichtige Mikroorganismen und unter der Leitung des Oberlehrers Dr. Röseler, dem der Präparator Zehle zur Seite stand, in 7mal 2 St. ein Übungskursus in der Anfertigung zoologischer Präparate eingerichtet. An einem arbeitsfreien Nachmittage fand eine Besichtigung des meteorologischen und des astro-

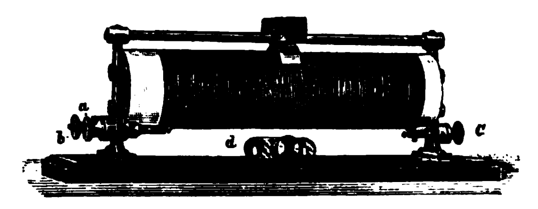
physikalischen Observatoriums in Potsdam und an einem zweiten Nachmittage, an welchem die Tagesarbeiten etwas enger zusammengedrängt wurden, eine Besichtigung der Anlagen der Gesellschaft für Markt- und Kühlhallen statt. Den Schluß des Kursus bildete am 10. und 11. Oktober eine geologisch-botanische Exkursion noch der Sächsischen Schweiz, unter der Führung des Königlichen Landesgeologen Professor Dr. Potonié. *R. Heyne.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Parallelrheostat. D.R.G.M.

Von Gebrüder Fentzloff in Frankfurt a. M., Schweizerstraße 82.

Dieser neue Rheostat besitzt auf einem gemeinschaftlichen Zylinder zwei getrennte Wicklungen. Die Widerstandsdrähte liegen in zwei von einander getrennten Schraubengängen eines Porzellanzylinders eingebettet. Der Zylinder ruht auf zwei Lagerböcken, die durch eine Schieberstange mit einander verbunden sind, auf welcher ein Kontaktschieber mit isoliertem Griff verschiebbar ist. Die beiden Wicklungen endigen einerseits getrennt in den beiden Klemmen *a* und *b*, welche von dem Gestell isoliert sind, vereinigen sich dagegen gemeinschaftlich in der festen Klemme *c*. Man hat daher bei Anwendung der Klemmen *a* und *c* oder *b* und *c* die Hälfte des Gesamtwiderstandes, bei Anwendung der beiden isolierten Klemmen *a* und *b* dagegen den ganzen Widerstand induktionsfrei zur Verfügung, was bedeutende Vorteile bei Messungen, Eichungen u. s. w. bietet. Wenn endlich die beiden



isolierten Klemmen durch die Parallelschiene *d* kurzschließen, so kann der Rheostat für die doppelte Belastung beansprucht werden, da dann beide Wicklungen parallel geschaltet sind. Ist der Rheostat z. B. für 15 Ampère maximale Belastung gebaut, so kann man ihn auf diese Weise mit 30 Ampère belasten, ohne daß man in dem Stromkreis irgend welche Änderungen vorzunehmen braucht. Der Rheostat, der sich als ein sehr brauchbares Unterrichtsmittel erweisen dürfte, wird für sehr verschiedene Maximalwerte und entsprechende Strombelastung hergestellt. Der Preis beträgt M 36.

Korrespondenz.

Zu der Frage des ptolemäischen und kopernikanischen Systems erhalten wir von Herrn Prof. M. Koppe folgende Zuschrift:

„Fragt man nicht, ob Ptolemäus oder Kopernikus recht hat, sondern nach dem richtigen Weltsystem überhaupt, und sieht man von der fortschreitenden Bewegung von Sonne und Planeten im Fixsternraum ab, so muß man doch zugeben, daß um den Schwerpunkt des Systems (wo aber kein Planet oder Planetoid dauernd stationiert ist) nicht nur die Planeten große Bahnen beschreiben, sondern auch die Sonne eine kleine Bahn beschreibt. Daß die Bahn der Sonne ziemlich klein ist, kann doch kein Grund sein, ihrer nur als Kuriosität zu gedenken. Sie ist allerdings nicht durch phoronomische Untersuchung der Bewegungen gefunden, sondern nachdem man gelernt hatte, in den Bewegungen Kräfte zu erkennen, also durch mechanische Betrachtung. Diese wirkt etwa wie eine Lupe; sie macht Dinge bemerkbar, die vom natürlichen Auge übersehen werden.

Die Bahn der Sonne, die jeder Astronom anerkennt, die bei allen Planeten- etc. Tafeln beachtet ist, ist ziemlich verwickelt; in ihren Grundzügen jedoch ist sie, da Jupiter alle anderen Planeten bei weitem überragt, weiter nichts als ein 1000 mal verkleinertes Abbild der Jupiterbahn, also 200 mal kleiner als die Erdbahn, etwa ein Kreis von 100 000 Meilen Radius. Der Radius der Sonne ist etwas kleiner, sodaß also der Punkt, um welchen die Sonne läuft, im allgemeinen außerhalb ihrer Masse liegt.

Die Lupe der Mechanik zeigt nun, daß die Kräfte, die einen Planeten durch seine geozentrische Epizykloidenbahn führen könnten, als physisch vorhanden undenkbar sind; sie zeigt aber auch, daß, wenn die Bewegung der Planeten in ihren heliozentrischen Bahnen eine absolute sein sollte, man in absurder Weise die Sonne als festgewurzelt, als allen Reaktionen entzogen, annehmen müßte. Die Formeln, nach denen heute die Bewegung eines Planeten oder Mondes dargestellt wird, sind nicht Ptolemäus, nicht Kopernikus, nicht Kepler, sondern Newton. Und wo Newton nicht ausreicht, werden empirische Glieder angehängt.

Der Plan, die Himmelsbewegungen auf ein von der Erde ausgehendes Koordinatensystem zu beziehen, ist nicht, wie Herr Häbler meint, blos formale Möglichkeit, sondern ist schon längst ver-

wirklicht. Denn nur an geozentrischen Planetenörtern finden alle Weltsysteme und Theorien ihren Prüfstein.

Herr Häbler nimmt auf die von Galilei und Newton entwickelte Mechanik keine Rücksicht. Er will direkt die Bewegung auf die feste Gesamtheit der Fixsterne beziehen und die Ansicht des Kopernikus aus den Parallaxen (höchstens 1″) und der Aberration (20″) beweisen. Das sind so feine Beobachtungen, daß niemand sie selbst anstellen kann; noch dazu sind die Fernrohre nicht scharf genug, um die Bewegung in diesen minimalen Bahnen anders als in groben Umrissen festzustellen. Man kann so nicht entscheiden, ob die Erde um die Sonne, oder ob sie um den Schwerpunkt des Systems Erde-Sonne ihre Bahn bezüglich des festen Fixsternraumes beschreibt. Wäre in dem Schwerpunkt eine Masse dauernd unterzubringen, so könnte auf ihr ein Archimedes wohnen, er würde keine Spur von Fixsternparallaxen und von Aberrationsbahnen der Fixsterne wahrnehmen, auch wenn er ein Fernrohr von märchenhafter Schärfe besäße. Wohnte er aber auf der Sonne, so sähe er Fixsternparallaxen und Aberration.

Meiner Ansicht nach beruht das (modifizierte!) kopernikanische System heute auf der mechanischen Einfachheit, wie es bei seiner Aufstellung — die eine glückliche Vorahnung war — sich stützte auf phoronomische oder geometrische Einfachheit. Dabei wurden unbekannte geometrische Beziehungen richtig erraten.

Über die relativen Größen der geozentrischen Planetenbahnen und der Sonnenbahn wußten die Alten nichts auszusagen. Man nahm nur als wahrscheinlich an, daß die größere Umlaufszeit auf größere Entfernung deute. Ptolemäus bestimmt daher nur das Verhältnis der Radien des Deferenten und des Epizykels. In den Epizykeln der oberen Planeten, resp. den Deferenten der unteren, bewegten sich die Radien parallel zu dem jedesmaligen Radius der Sonnenbahn. Manche machten bei den unteren Planeten über die Größe der Bahn die willkürliche Annahme, daß der Deferent kongruent der Sonnenbahn sei, nicht blos ähnlich sei und ähnlich durchlaufen werde. (Von Ptolemäus gilt dagegen wie von Newton: Hypotheses non fingo. Er beschränkte sich auf das, was zur Beschreibung der wirklich wahrgenommenen Erscheinungen nötig war.) Kopernikus ging weiter; er nahm zur Erreichung großer Einfachheit und Durchsichtigkeit seines Weltmodells an, daß auch die Epizykeln der oberen Planeten, also alle ptolemäischen Kreise mit 1 Jahr Umlaufszeit, kongruent der Sonnenbahn seien. Bewiesen war das nicht. Kopernikus sah aber, wie man bei schärferen Augen es beweisen könnte. Er sah, daß die Phasen der Venus die Entscheidung für die Venusbahn bringen müßten. Nach Erfindung des Fernrohrs wurde seine Vermutung bestätigt; ja auch die andern Planeten zeigten Phasen im ursprünglichen oder erweiterten Sinn, jenes Merkur und Mars, dieses Jupiter (Monde, die verfinstert werden), Saturn (Ring, der verschwindet, wenn seine Ebene durch die Sonne geht). Durch diese Phasen war man imstande, die bis dahin unbekannte Entfernung des Planeten von der Erde für verschiedene Zeitpunkte nach Sonnenweiten sicher festzustellen, also die geozentrische Bahn nach ihrer wirklichen Größe zu ermitteln. Dazu waren nur die populären Fernrohrversuche nötig, nicht Fernrohre mit eingeteilten Kreisen von solcher Genauigkeit, wie sie Bradley oder gar Bessel benutzte. Das Resultat war, daß Kopernikus' Ansicht von der Kongruenz derjenigen Ptolemäischen Kreise, die in 1 Jahr zu durchlaufen waren, bestätigt wurde.

Waren aber diese geozentrischen Bahnen von Kopernikus richtig erdacht, so war es eine einfache Aufgabe, sich die Bewegungen von der Sonne aus anzusehen und zu erkennen, daß nun überhaupt nur eine Bahn da war, die eine jährige Umlaufszeit hatte. Diese große geometrische Einfachheit sprach für das System; die Fixsternparallaxen, an die man sofort als entscheidend dachte, blieben aus, sodaß man die Fixsterne auf noch größere Entfernung hinausrücken mußte, als man bis dahin annahm. Ist der Fixsternhimmel unendlich weit, so ist, für die geometrische Beschreibung, Ptolemäus (mit der Ergänzung über die absoluten Größen der Bahnen) und Kopernikus identisch.

Kepler bestimmte unter Annahme der kopernikanischen Auffassung genauer die Geleise und den allgemeinen Fahrplan der Bahnen.

Newton endlich sucht zu diesen Bewegungen die Wurzel, wie Galilei zu der Wurfbewegung. Er findet, daß jede Masse jede andere anzieht, daß die Sonne aus 350 000 Erden zusammengesetzt ist u. s. f. Dadurch berechnet er Modifikationen der bisher nach Kopernikus und Kepler angenommenen Bewegungen, die von den Beobachtungen bestätigt werden. Das ist die heutige Astronomie, für die kein nach Kopernikus-Kepler hergestelltes Uhrwerk einen brauchbaren Ersatz liefert. Ihre Schönheit und Sicherheit beruht auf mechanischer Einsicht, die jeder sich leicht verschaffen kann, nicht auf den millionenfach verkleinerten Bildern der Bahnen, welche sich den Astronomen in Über-Fernrohren zeigen. Diese Verifikationen sind sehr roh.

Die obige Analyse des Überganges von Ptolemäus auf Kopernikus finde ich gut nur in Bohnenbergers Astronomie, Tübingen, 1811. Martus legt in seiner Astronomischen Geographie auf

Fixsternparallaxen und Aberration den größten Wert und benutzt ferner für die Ermittlung der ♃-Bahn die scheinbare Größe des ♃ zu verschiedenen Zeiten, besonders auch die zur Zeit der Konjunktion = 15,755″ (♃ am Tage dicht neben der Sonne!). Dies ist unzweifelhaft keine wirkliche Beobachtung, sondern ein aus dem astronomischen Jahrbuch bestimmter Wert. *M. Koppe.*

Zu dem Aufsatz über Neue Versuche mit dem Doppelthermoskop (*XIV 257*) fügt Herr Prof. Dr. Looser die Berichtigung hinzu, daß auf S. 258 an zwei Stellen „Methylenblau“ statt Äthylenblau zu setzen ist.

Für eine in Aussicht genommene neue Herausgabe der Physikalisch-chemischen Tabellen von Landolt-Börnstein werden die Herren Fachgenossen ersucht, etwaige Hinweise auf Unrichtigkeiten oder Mängel, sowie Wünsche in Bezug auf Änderungen, Vervollständigungen oder Weglassungen an einen der Neubearbeiter — Prof. Dr. R. Börnstein (Wilmersdorf bei Berlin, Landhausstr. 10) und Prof. Dr. W. Meyerhoffer (Berlin, Uhlandstr. 162) — einsenden zu wollen.

Der 5. internationale Kongreß für angewandte Chemie findet in Berlin vom 2. bis 8. Juni d. J. statt. Teilnehmerkarte 15 M. Meldungen beim Bureau, Charlottenburg bei Berlin, Marchstr. 21, wo auch ausführliche Programme ausgegeben werden.

Anfrage: Ist es möglich, das Innere einer unzugänglichen Flasche anders als durch Versilbern mit einem guten Leiter zu überziehn? *H. Kleinpeter.*

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

J. C. Poggendorffs biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, IV. Bd. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. Leipzig, J. A. Barth, 1902. Lieferung 4—7 à M 3. — **August Kundt,** Vorlesungen über Experimentalphysik. Herausgegeben von Karl Scheel. Braunschweig, Frdr. Vieweg & Sohn, 1903. 852 S. M 15; geb. M 17. — **J. M. Pernter,** Meteorologische Optik. Mit zahlr. Abb. II. Abschnitt. Seite 55—212. Wien und Leipzig, W. Braumüller, 1902. M 4,20. — **Ostwalds Klassiker:** No. 131. M. Faraday, Experimental-Untersuchungen über Elektrizität, XIV. u. XV. Reihe. 48 S. M 0,80. No. 132. Th. Andrews, Über die Kontinuität der gasförmigen und flüssigen Zustände der Materie und über den gasförmigen Zustand der Materie. Leipzig, W. Engelmann. 81 S. M 1,40. — **B. Schwalbe,** F. Schoedlers Buch der Natur. 23., vollst. neu bearbeitete Auflage. II. Teil: Chemie, Mineralogie u. Geologie unter Mitw. von E. Schwalbe von H. Böttger herausgegeben. Mit 418 Abb. u. 9 Taf. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1903. 766 S. M 12; geb 13,50. — **F. Schmid,** Das Zodiakallicht. Zürich, E. Rascher, 1903. 22 S. M 1. — **W. Biscan,** Was ist Elektrizität? Leipzig, Hachmeister & Thal, 1903. 80 S. M 1,50. — **J. Kleiber,** Lehrbuch der Physik für technische Lehranstalten. Bearbeitet im Verein mit B. Karsten. München, R. Oldenbourg, 1902. 351 S. — **G. Melinat,** Physik für deutsche Lehrerbildungsanstalten. Mit 394 Abb. Leipzig, B. G. Teubner, 1903. 479 S. — **B. Lüpke,** Grundzüge der Elektrochemie auf experimenteller Basis. 2. Aufl. Mit 77 Abb. u. 28 Tabellen. Berlin, J. Springer, 1903. 286 S. M 5; geb. M 6. — **O. Dammer,** Handbuch der anorganischen Chemie. IV. Bd.: Die Fortschritte der anorganischen Chemie i. d. Jahren 1892—1902. Lief. 4—6. M 4 und M 6. — **A. Lipp,** Lehrbuch der Chemie und Mineralogie. Mit 12 Abb. 2. verb. Aufl. Stuttgart, Fr. Grub, 1903. 360 S. M 3,80.

Sonderabdrücke: F. A. Schulze, Über das Verhalten einiger Legierungen zum Gesetz von Wiedemann u. Franz. S.-A. Naturw. Rundsch. 1902. — B. Walter, Über die Entstehungsweise des Blitzes. S.-A. Ann. d. Phys. 1903. — B. Walter, Zwei Härteskalen für Röntgenröhren. S.-A. Fortschr. a. d. G. d. Röntgenstr. Bd. VI. — J. Elster u. H. Geitel, Messungen der Elektrizitätszerstreuung in der freien Luft. S.-A. Ber. Wien. Ak. 1902. — K. T. Fischer u. H. Alt, Erstarrungs- und Schmelzdruck des Stickstoffs; Siedepunkt, Gefrierpunkt u. Dampfspannung des reinen Stickstoffs bei niedrigen Drucken. Zwei S.-A. Ber. Münch. Akad. 1902. — H. Krabbo, Bischof Virgil von Salzburg u. s. kosmologischen Ideen. S.-A. Mitt. d. Inst. f. österr. Gesch.-Forschung. Bd. XXIV.

Katalog mathematischer Modelle für den höheren mathematischen Unterricht, von M. Schilling in Halle a. S. 6. Aufl. 1903. — Preisverzeichnis physikalischer Apparate, unter Bezugnahme auf das Normalverzeichnis für die physikalischen Sammlungen höherer Lehranstalten, von Leppin & Masche, umfassend Physik, Chemie und Photographie. Berlin 1903.

Himmelserscheinungen im April und Mai 1903.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		April						Mai					
		5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30
☿	AR	0^h 27^m	1. 3	1.45	2.20	2.59	3.35	4. 7	4.32	4.49	4.58	4.58	4.52
	D	+ 1°	+ 5°	+ 10°	+ 15°	+ 18°	+ 21°	+ 23°	+ 24°	+ 25°	+ 24°	+ 23°	+ 21°
♀	AR	2^h 48^m	3.12	3.37	4. 1	4.27	4.52	5.18	5.44	6. 9	6.35	7. 0	7.25
	D	+ 17	+ 19	+ 20	+ 22	+ 23	+ 24	+ 25	+ 25	+ 26	+ 25	+ 25	+ 24
☉	AR	0^h 53^m	1.12	1.30	1.49	2. 7	2.26	2.45	3. 5	3.24	3.44	4. 4	4.24
	D	+ 6	+ 8	+ 9	+ 11	+ 13	+ 14	+ 16	+ 17	+ 19	+ 20	+ 21	+ 22
♂	AR	12^h 22^m	12.15	12. 9	12. 3	11.59	11.56	11.54	11.53	11.53	11.55	11.57	12. 1
	D	+ 1	+ 1	+ 2	+ 2	+ 2	+ 3	+ 3	+ 2	+ 2	+ 2	+ 1	+ 1
♃	AR		22.53		23. 1		23. 8		23.15		23.21		23.26
	D		— 8		— 7		— 7		— 6		— 5		— 5
♄	AR	20^h 41^m						20.47					
	D	— 19						— 18					
☉	Aufg.	5^h 30^m	5.18	5. 7	4.56	4.45	4.35	4.25	4.16	4. 8	4. 1	3.54	3.48
	Unterg.	18^h 37^m	18.46	18.55	19. 3	19.12	19.21	19.29	19.37	19.45	19.53	20. 0	20. 7
☾	Aufg.	10^h 57^m	17.11	22.49	1.42	3.52	6.47	12.29	18.31	23. 6	1. 6	3.15	7.45
	Unterg.	1^h 43^m	4.31	7. 1	11.16	16.50	22.45	1.39	3.53	7.11	12.12	18. 7	23. 7
Sternzeit im mittl. Mittg.		0^h 50^m 18^s	1.10. 1	1.29.44	1.49.26	2. 9. 9	2.28.52	2.48.35	3. 8.18	3.28. 0	3.47.43	4. 7.26	4.27. 9
Zeitgl.		+ 3^m 4^s	+ 1.38	+ 0.16	— 0.53	— 1.54	— 2.43	— 3.18	— 3.41	— 3.49	— 3.43	— 3.23	— 2.49

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
Mondphasen in M.E.Z.	April 27, 14^h 32^m Mai 26, 23^h 50^m	April 5, 2^h 52^m Mai 4, 8^h 26^m	April 12, 1^h 18^m Mai 11, 14^h 18^m	April 19, 22^h 31^m Mai 19, 16^h 18^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im April	zuletzt etwa 1/2 Std. lang im NW als Abendstern sichtbar	2 1/2 bis 3 Std. als Abendstern sichtbar	die ganze Nacht hindurch sichtbar	morgens zuletzt kurze Zeit sichtbar	morgens 1/2 bis 3/4 Stunden lang sichtbar
im Mai	in der Mitte des Monats 1 Std. lang sichtbar, zuletzt wieder unsichtbar	3 bis 2 3/4 Std. als Abendstern sichtbar	im ersten Teil der Nacht sichtbar	zuletzt morgens 1 Stunde lang sichtbar	geht etwa um Mitternacht auf.

Mondfinsternis am 11./12. April, sichtbar in Berlin.

Eintritt des Mondes in den Halbschatten um 22^h 26^m,4 M.E.Z., in den Kernschatten um 23^h 34^m,4 M.E.Z.

Austritt des Mondes aus dem Kernschatten um 2^h 51^m,5 M.E.Z., aus dem Halbschatten um 3^h 59^m,7 M.E.Z.

Größte Verfinsterung gleich 0,97 Monddurchmessern um 1^h 13^m,0.

Veränderliche Sterne: April 3, 22^h M.E.Z. W Sagitt.-Max. — 6, 23^h 11^m Algol-Min. — 7, 23^h 5^m δ Librae-Min. — 9, 20^h 0^m Algol-Min. — 11, 22^h β Lyrae-Min. — 14, 22^h 39^m δ Librae-Min. — 15, R Lyrae-Max. — 17, R Hydrae-Max. — 21, 22^h 13^m δ Librae-Min. — 24, 20^h β Lyrae-Min. — 27, 22^h β Lyrae-Max. — 28, 21^h 47^m δ Librae-Min. — 29, 21^h 43^m Algol-Min. — 30, 22^h ζ Gemin.-Max. — Mai 8, 21^h W Sagitt.-Min. — 9, R Lyrae-Min. — 11, 21^h W Sagitt.-Max. — 31, R Lyrae-Max.

Dr. F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XVI. Jahrgang. Drittes Heft. Mai 1903.

Einige neue Versuche und Apparate aus der Mechanik und Optik.

Von
U. Behn in Frankfurt a. M.

Bei Gelegenheit des naturwissenschaftlichen Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen[1]) zeigte ich folgende Versuche und Apparate, die ich zum Vorlesungsgebrauch zusammengestellt habe.

1. Die kinetische Energie eines sich um eine feste Achse reibungslos drehenden Körpers, auf den keine Kräfte wirken, ist konstant. Bei Variation des Trägheitsmoments muß sich also die Winkelgeschwindigkeit ändern.

In dem mit einem Fußbrett versehenen Rahmen *A B C D E F* (Fig. 1) befindet sich bei *B* ein Spitzenlager, bei *E* ein Kugellager. In diese Lager ist ein Messingrohr *R* drehbar eingesetzt, das seinerseits ein dünneres horizontales Rohr (*ss*) trägt, das an seinen Enden mit Anschlägen versehen ist. Auf ihm gleiten zwei gleiche Messinggewichte (M_1 und M_2). Dieselben sind an Schnüre gebunden und diese über je ein Röllchen im Innern des Rohres *R* geführt. Ihr gemeinsames unteres Ende ist an der Achse einer frei hängenden Fahrradnabe befestigt[2]).

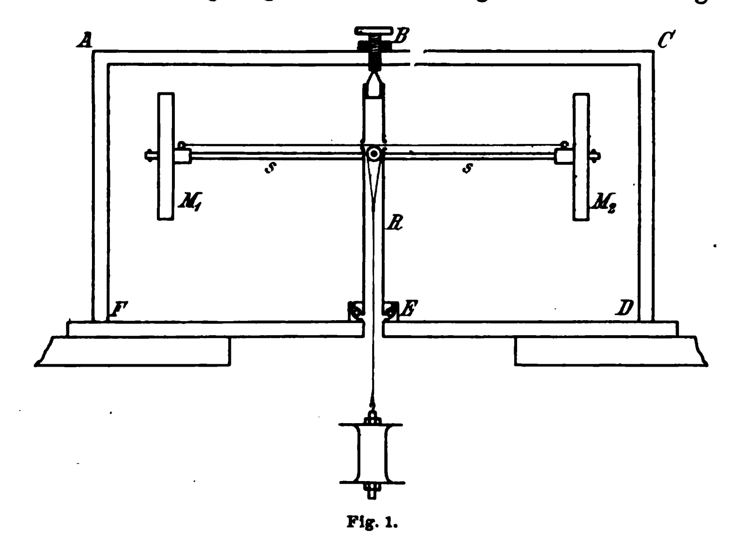


Fig. 1.

Hat man das System durch einen Anstoß in drehende Bewegung versetzt, und zwingt nun durch Zug an den Schnüren die Gewichte, sich der Achse zu nähern, so nimmt die Winkelgeschwindigkeit zu; das Umgekehrte geschieht, wenn man durch Nachlassen des Zuges den Gewichten während der Drehung erlaubt, sich von der Achse zu entfernen.

Dieser Versuch ist allerdings nicht einwandsfrei, weil durch den Zug an den Schnüren dem System Energie zugeführt wird, die Winkelgeschwindigkeit dabei also stärker wächst, als der Bedingung für die Konstanz der kinetischen Energie entspricht.

[1]) Veranstaltet vom Physikal. Verein zu Frankfurt a. M. im Herbst 1902.

[2]) Diese benutzt man während des Experimentes als Griff und kann dieselbe festhalten, ohne daß die Schnüre sich tordieren.

Reiner sind die Versuchsbedingungen, wenn man eine Metallkugel an einer Schnur im Kreise herumschwingt und die Schnur sich dann auf einem Stäbchen (oder dem möglichst ruhig gehaltenen Finger) aufwickeln läßt. Dann nimmt bei passender Wahl der Winkelgeschwindigkeit, der Fadenlänge und der Dicke des Stäbchens (wegen der nicht zu vermeidenden Energieverluste, nur dann) die Winkelgeschwindigkeit zu, bis der ganze Faden aufgewickelt ist.

Hängt man ein Gewicht an die Schnüre des zuerst beschriebenen Apparates, so hat man ein System, das sich lange Zeit mit konstanter Winkelgeschwindigkeit dreht. (Bis nämlich die potentielle Energie des Gewichtes gegen die Reibung verbraucht ist.)

1b. Ein Beispiel für den Satz, daß die Summe von kinetischer und potentieller Energie eines Systems, auf das keine äußeren Kräfte wirken, bei einem rein mechanischen Vorgang konstant ist.

Zwei äußerlich gleiche Pappräder unterscheiden sich dadurch, daß bei dem zweiten (Fig. 2) durch ein bei A angebrachtes Bleistück (in der Figur punktiert) der Schwerpunkt der Peripherie nahe gerückt ist[3]).

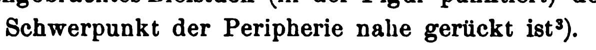
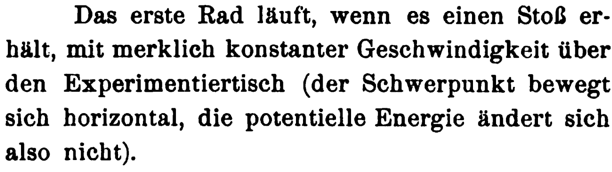


Fig. 2.

Das erste Rad läuft, wenn es einen Stoß erhält, mit merklich konstanter Geschwindigkeit über den Experimentiertisch (der Schwerpunkt bewegt sich horizontal, die potentielle Energie ändert sich also nicht).



Das zweite Rad stellt man für den Versuch so, daß sich das Bleistück oben befindet, und erteilt ihm einen geringen Stoß. Es bewegt sich dann mit einer Geschwindigkeit, die sich periodisch stark[4]) ändert, entsprechend der Ab- und Zunahme der potentiellen Energie.



2. Ein Versuch über Kanten und Gleiten. (Nach E. Warburg.)



Ein parallelepipedischer Holzklotz soll über den Experimentiertisch hingezogen werden mit Hilfe einer in der Mitte seiner Höhe befestigten, horizontal gespannten Schnur. Wird er kanten (vornüberfallen) oder gleiten?

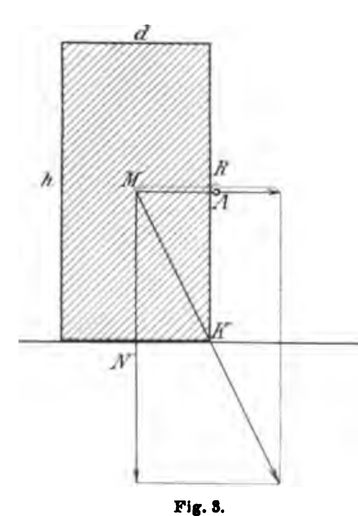


Fig. 3.

Die Möglichkeit, daß der Klotz gleitet, ist vorhanden, wenn in A (Fig. 3) mindestens ein Zug (H) gleich dem Maximalwert (R) der Reibung des Klotzes gegen den Tisch wirkt.

$$H = R = \mu . N$$

(μ Reibungskoeffizient, N Gewicht des Klotzes).

Diesen Zug können wir uns nach M verlegt denken; in M wirkt vertikal abwärts das Gewicht des Klotzes.

Verhält sich nun $\frac{R}{N}$ ($= \mu$) wie $\frac{d}{h}$, so geht die Resultante beider Kräfte durch K (die untere vordere Kante des Klotzes) und wir haben den Grenzfall. Je nachdem $\mu \gtrless \frac{d}{h}$, tritt kanten oder gleiten ein.

[3]) Ein solches Rad benutzt man häufig zur Demonstration paradox scheinender Gleichgewichtszustände.

[4]) Soll der Versuch gut gelingen, so muß man das Gleiten des Rades verhindern, das Rad also mit Schmirgelleinewand, Tuch oder Sammt überziehen.

Wählt man die Dimensionen beim Versuch so, daß der Klotz noch gerade sicher über den Tisch gleitet, so wird er einen Kreidestrich auf demselben (μ wird plötzlich groß) nicht passieren können.

Will man den Versuch mehrmals wiederholen, so muß jedesmal erst die Fläche des Klotzes völlig von Kreide gereinigt werden.

3. Demonstration des Boyle-Mariotteschen Gesetzes.

Gewöhnlich demonstriert man das Boyle-Mariottesche Gesetz derart, daß man das Volumen der abgeschlossenen Luftmenge nacheinander sprungweise auf einige Werte bringt, die sich wie ganze Zahlen verhalten, und die dazu gehörigen Drucke mißt. Wenn man aber davon ausgeht, daß der Gleichung $pv = \text{const}$, eine gleichseitige Hyperbel entspricht, und diese aufzeichnet, so kann man zeigen, daß die Manometerausschläge, die den Druck des abgeschlossenen Luftquantums anzeigen, der Hyperbel folgen, wenn man mit der Kompression (oder Dilatation) kontinuierlich vorgeht.

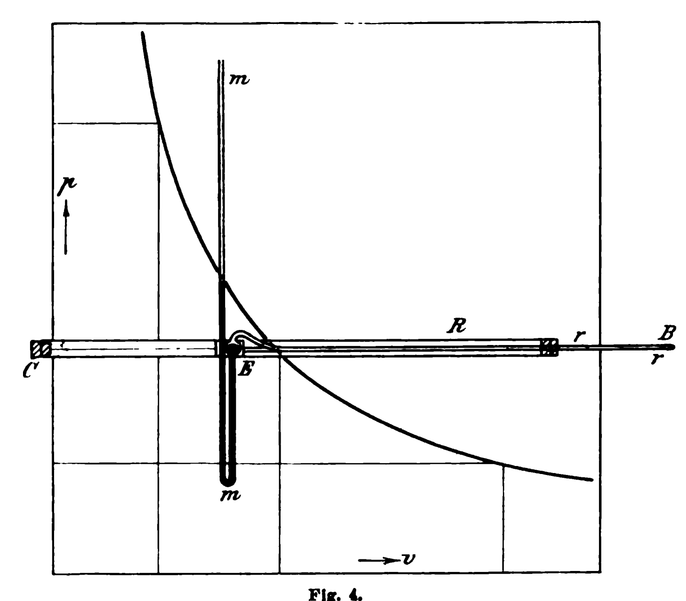


Fig. 4.

Dazu dient folgender einfacher Apparat (Fig. 4 und 5), den man sich leicht selbst herstellen kann: Das Quecksilbermanometer (mm), das etwa Drucke von 2 Atm. bis 0,5 Atm. angibt und aus einer starkwandigen Glasröhre von ca. 3 mm Lumen be-

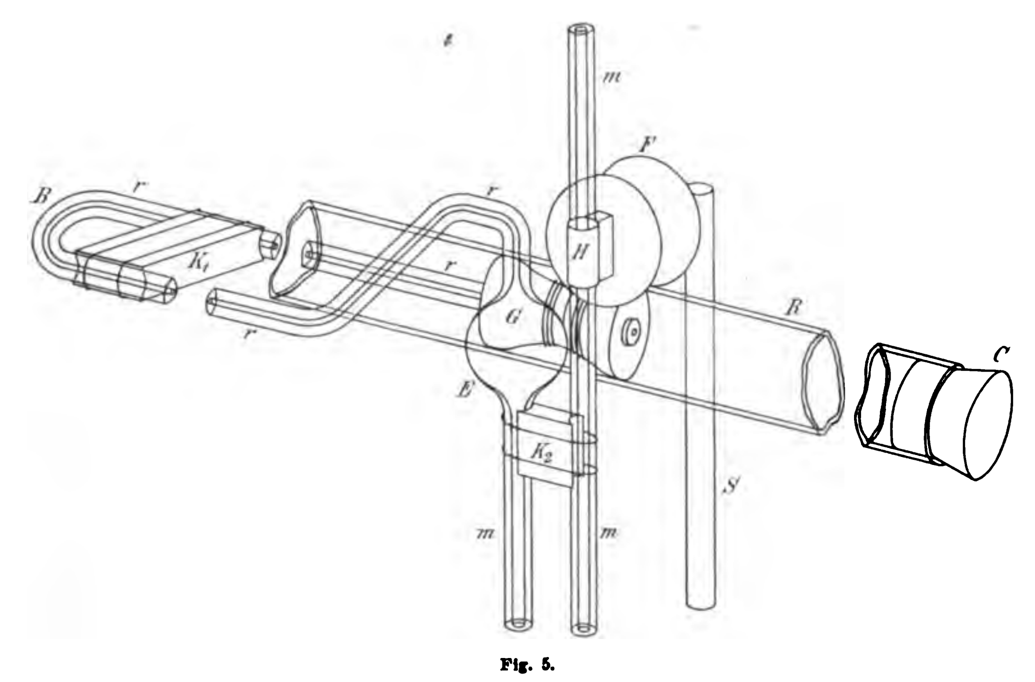


Fig. 5.

steht, hat eine kleine Erweiterung bei E, so daß der eine, hier stehende Meniskus seine Höhe merklich nicht ändert. Über E biegt das Rohr, das von nun an nur noch 1 mm Lumen hat (r), rechtwinklig um, verläuft etwa 1 Meter horizontal, ist weiter bei B U-förmig gebogen und läuft ungefähr bis zu dem Gefäß E zurück. Es trägt an seinem Ende einen Stempel, der etwa aus 2 durchbohrten auf dem Rohr festgebundenen Kautschukstöpseln (G) besteht. Dieser Stempel ist luftdicht verschiebbar in einem 2 bis 3 cm weiten horizontal aufgestellten Glasrohr R, das an seinem einen Ende mit einem Stöpsel verschlossen werden kann. In das andere Ende ist ein durchbohrter Korkstopfen eingesteckt, der, ohne luftdicht zu schließen, r zur Führung dient. Hinter diesen Apparat hängt man nun einen großen Bogen Papier, auf dem die Kurve, $pv = \text{const}$, derart aufgetragen ist, daß die v durch die Abszissen, die p durch die Ordinaten dargestellt werden. Die linke und untere Kante des Papierbogens markieren die Koordinatenachsen.

Man lüftet zunächst den Stöpsel C, verschiebt den Stempel bis an die Kurve und setzt dann den Stöpsel C fest ein. Bei einer Verschiebung des Stempels folgt nun der bewegliche Meniskus des Manometers der Kurve, weil einerseits der Druck seiner jeweiligen Höhe, das Volumen immer dem Abstande des Stempels vom geschlossenen Rohrende proportional ist. Der Versuch darf nicht zu schnell ausgeführt werden, damit der Vorgang isotherm verläuft.

Für die Herstellung des Apparates ist noch hinzuzufügen: Die Erweiterung E und das sich daranschließende horizontale Glasrohr muß nicht weiter als nötig sein, weil diese Volumina als „schädliche Räume" wirken. Das Manometerrohr wähle man stark im Glase, um den Meniskus deutlich sichtbar zu machen. Um die Last des Manometers aufzunehmen, befestigt man an demselben mit Hilfe der aufgekitteten Hülse H eine Achse, an deren anderem Ende eventuell (damit das Manometer von selbst genau vertikal steht) ein massiver Metallstab S angebracht ist und um die sich eine passende Rolle F dreht. Statt das Rohr $m\,m\,m\,r\,r\,r\,r$ ganz aus einem Stück zu blasen, kann man eventuell die Biegung bei B aus Metallrohr herstellen und die Glasröhren einkitten. Die Korke K_1 und K_2 dienen des weiteren dazu die Stabilität des Apparates zu erhöhen.

4. **Eine empfindliche Methode zur Demonstration der Abhängigkeit des Luftdrucks von der Höhe.** (Fig. 6.)

Ein etwa 5 cm weites und 1 m langes Metallrohr sei beiderseitig verschlossen. Bei C läßt sich ein Gummischlauch aufschieben, A und B sind zwei Löcher von gleichem Durchmesser (0,5 bis 1 cm) oder auch die äußersten in einer Reihe von äquidistanten Löchern. Der Schlauch wird an die Gasleitung gelegt und nachdem das Rohr sich mit Gas gefüllt hat, ($A\,B$ solange nach unten gekehrt) wird letzteres an den Öffnungen entzündet. Nun wird die Gaszufuhr so vermindert, daß die Flammen bei horizontal gehaltenem Rohr eben noch leuchtende Spitzen haben.

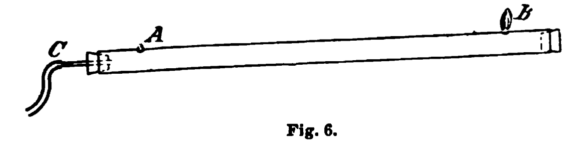


Fig. 6.

Es genügt nun das Rohr um einen Bruchteil eines Grades zu neigen, sodaß A einige mm tiefer steht als B, um die Flamme bei A ganz klein, die bei B ziemlich groß zu machen. Durch Neigen nach der anderen Seite wird das Gegenteil veranlaßt, und man entkräftet so die Einwände, die verschiedene Größe der Flammen sei durch ungleiche Lochweite veranlaßt, oder die Reibung im Rohr komme in Betracht. (Bei A ist der Gasdruck innen und außen merklich gleich, wie die Kleinheit dieser

Flamme beweist. Nach oben hin nimmt der Druck ab und zwar in der Luft stärker wie im leichteren Leuchtgas. Deshalb brennt die Flamme bei B lang.)

Liegt B nur um 3 mm höher als A, so ist schon die Differenz der Flammengrößen, ruhige Luft vorausgesetzt, in einem großen Hörsaal überall deutlich zu sehen.

Es ist damit ein Druckunterschied sichtbar gemacht von (0,0012—0,0006) . 0,3 Grammgewicht pro $cm^2 = 0,0000002$ Atm. Zur Erreichung dieser Empfindlichkeit muß, wie oben vorgeschrieben, das Rohr weit sein und in dünner Wandung ziemlich weite Ausströmungsöffnungen haben[5]).

Ich benutze zur Anstellung von Versuchen über meteorologische Vorgänge ein ca. 3 m langes Rohr, das eine Reihe von Löchern trägt, die je 10 cm Abstand haben. Die Empfindlichkeit gegen (nicht zu schnell verlaufende) Luftdruckschwankungen ist, wie schon aus dem oben Gesagten hervorgeht, sehr groß. Fährt man z. B. langsam mit der Hand an dem horizontal gestellten Rohr entlang, so werden die Flammen vor der Hand klein, hinter der Hand groß, ein Beweis, daß der Luftdruck vor der Hand größer, hinter ihr kleiner ist, als in der Umgebung.

5. Demonstration der sphärischen Abweichung einer Sammellinse.

Die bekannte Linsenformel

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

gilt nur für zentrale Strahlen. Die Brennweite für Randstrahlen ist kleiner. Dies kann man in folgender Weise demonstrieren.

Die von einer fernen Lichtquelle kommenden Strahlen C_1 und C_2 durchsetzen die (möglichst große) Linse zentral und schneiden sich in F auf einem weißen Schirm. Die nahe der Linse stehende Blende B hat einen Ausschnitt, der zunächst durch das Blendenstück A bis auf das zentrale Ende verdeckt ist. Blende und Schirm sind in Fig. 7a von der Seite, in Fig. 7b einzeln von vorn gesehen.

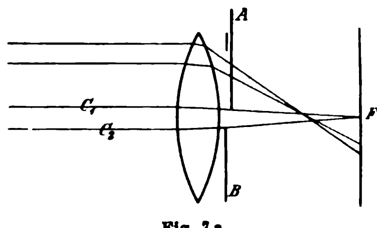


Fig. 7a.

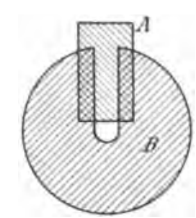


Fig. 7b.

Zieht man nun A nach oben weg, so wird von F ausgehend nach unten hin ein kometartiger Schweif auf dem Schirm sichtbar; ein Beweis, daß die Randstrahlen eine kleinere Brennweite haben.

6. Beweis, daß bei der Minimalstellung eines Prismas die Strahlen dasselbe symmetrisch durchlaufen[6]).

Man entwirft mit monochromatischem Licht das Bild eines Spaltes auf dem Projektionsschirm. Bringt man nun in das Bündel (fast) paralleler Strahlen bei A (s. Fig. 8) ein gleichschenkliges Prisma, derart, daß die Strahlen nicht nur die brechende Fläche,

---

[5]) Das ist eine wesentliche Bedingung, und diese ist bei dem Versuch von Neyreneuf, den Dvořák (Physik. Zeitschrift 2, 1901) beschreibt, nicht erfüllt. Vergl. auch Warburg, Verh. der Physik. Gesellschaft 7, S. 2, 1898 und diese Zeitschr. 1901, S. 95.

[6]) Der gleiche Versuch ist kürzlich in dieser Zeitschrift von Herrn Freuchen, *XV 344* (Nov. 1902) beschrieben. [Zusatz der Redaktion: Man vergleiche auch Fr. C. G. Müller, diese Zeitschrift *III 248*.]

sondern auch die Basisfläche treffen, so entstehen auf dem Schirm zwei Bilder: S_1, erzeugt durch die Strahlen, die das Prisma passiert haben, und S_2, erzeugt durch die an der Basisfläche reflektierten Strahlen.

Drehe ich das Prisma in einem bestimmten Sinne, so bewegt sich S_2 in gleichem Sinne, während S_1 auf dem Schirme hin- und zurückläuft. Im Moment, wo S_1 seine Bewegungsrichtung ändert, läuft das Bild S_2 über S_1 hin. Und da die Strahlen S_2 immer symmetrisch zum Prisma verlaufen, so folgt, daß die Strahlen S_1 in diesem Moment (Minimalstellung) das Prisma ebenfalls symmetrisch durchlaufen haben.

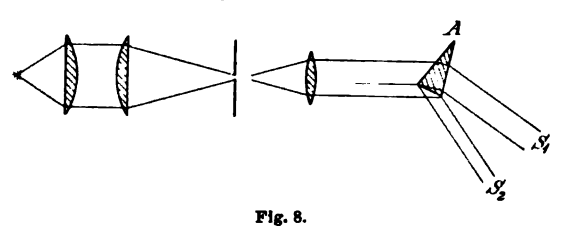
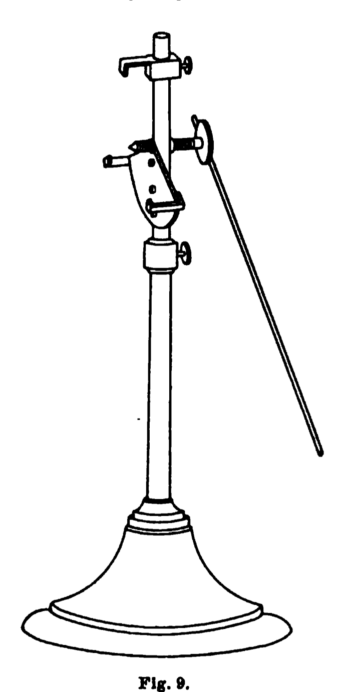


Fig. 8.

7. Einfacher Apparat zur Erzeugung Newtonscher Ringe.

Zur Erzeugung Newtonscher Ringe benutzt man gewöhnlich eine äußerst schwach gewölbte plankonvexe Linse, die auf ein Planglas aufgepreßt wird. Zu Vorlesungszwecken kann man aber einfach zwei kreisförmige Stücke unbelegtes Spiegelglas verwenden, zwischen die man (wenn nötig) am Rande einige Stückchen dünnes Stanniol gelegt hat. In Fig. 9 ist das dazu dienliche Stativ ohne die beiden Platten gezeichnet[7]). Während die vordere (stärkere) Glasplatte an drei Punkten ihres Randes gehalten wird, wird die hintere (dünnere) in ihrer Mitte von der Spitze der Schraube nach vorn gedrückt (eventuell ist ein Unterlagsscheibchen zwischen zu legen) und so hinreichend sphärisch durchgebogen, daß im reflektierten Lichte der Projektionslampe Newtonsche Ringe entstehen, von denen man dann ein Bild auf dem Schirme entwirft.


Fig. 9.

Um die störenden Reflexe der ersten und vierten Glasfläche zu beseitigen, kittet man auf die erste Glasscheibe mit Kanadabalsam ein hinreichend großes Prisma[8]) von kleinem brechenden Winkel, und schwärzt die vierte Fläche mit einer Mischung von Ruß und Kanadabalsam. Die Farben kommen dann intensiv und rein zur Darstellung.

Durch Anziehen der Schraube kann man die beiden Platten in der Mitte zur Berührung bringen (schwarzer Fleck). Dreht man dann die Schraube ganz langsam zurück, — man lötet etwa einen 20 cm langen, dicken Messingdraht auf den Schraubenkopf —, so beobachtet man in der Mitte nacheinander alle Farben, die sich bei der Anfangsstellung örtlich nebeneinander von innen nach außen folgten; die Farben werden immer blasser, bis das Weiß höherer Ordnung erreicht ist. Beleuchtet man nun aber mit monochromatischem Lichte, so ist das Gesichtsfeld wieder mit hellen und dunklen Ringen erfüllt.

[7]) Dasselbe Stativ verwende ich, um verschiedene Hohlspiegel zu halten, die ich mir durch Versilbern von übrig gebliebenen Flintglashälften größerer achromatischer Linsen (die gelegentlich sehr billig zu haben sind) angefertigt habe und die z. B. bei Versuchen mit ultravioletten Strahlen gute Dienste leisten.

[8]) Zu beziehen von Herrn Mechaniker Braun, Berlin, Königgrätzerstr. 31.

Man kann für diesen Versuch die positive Kohle der Lampe von vornherein unten hin bringen, höhlt sie etwas aus und füllt, wenn man monochromatisches Licht haben will, die Höhlung etwa mit fein gepulvertem Natriumsulfat. Man stellt hierbei die positive Kohle etwas nach vorn, damit das Licht des Kraters nicht stört[9]).

Frankfurt a. M., März 1903. Laboratorium des Physik. Vereins.

Zur experimentellen Einführung der Begriffe Kraft, Masse und Energie.

Von

E. Grimsehl in Hamburg.

1. Der Massenbegriff ist ein kinetischer Begriff. Aus diesem Grunde ist es empfehlenswert und auch konsequent, daß man den Massenbegriff erst einführt, wenn man die rein phoronomisch behandelten Bewegungsgesetze schon vorher ohne den Massenbegriff entwickelt hat.

Erst wenn dies geschehen und besonders die Begriffe Geschwindigkeit und Beschleunigung bei den Schülern festgelegt sind, ist es Zeit, nach den Ursachen der Bewegung zu fragen. Man wird dann die Kraft definieren als die „Ursache einer Bewegungsänderung“, ohne Rücksicht darauf, ob man später an die Stelle von Bewegungsänderung das allgemeinere Wort „Zustandsänderung“ setzt.

Es ist gewiß richtig und einwandsfrei, zwei Kräfte dann gleich zu nennen, wenn sie an demselben Körper dieselbe Bewegungsveränderung erzeugen. Ob man als Kraftquelle die potentielle Energie einer gespannten Feder oder Gummischnur, ob die Energie eines fallenden Gewichts oder die Expansion der Pulvergase benutzt, ist bei der experimentellen Herleitung des Kraftbegriffs gleichgültig, wenn man nur dafür sorgt, daß die erzeugte Wirkung dieselbe bleibt.

Ebenso berechtigt ist es, zwei Körper dann „massengleich“ zu nennen, wenn dieselbe Kraft bei ihnen dieselbe Bewegungsveränderung erzeugt. Auch hierbei ist es gleichgültig, welcher Art die Kraftquelle ist, wenn sie nur immer gleich bleibt.

Die Erfahrung lehrt nun, daß die am bequemsten zur Verfügung stehende Kraft, die Schwerkraft, zur Einführung der in Frage stehenden Begriffe deshalb wenig geeignet ist, weil man dabei leicht Gefahr läuft, daß die Schüler entweder die Begriffe Kraft und Gewicht oder die Begriffe Masse und Gewicht miteinander verwechseln, da man zur Herstellung einer gewissen Kraftgröße immer gleichzeitig eine ganz bestimmte Massengröße mit in die Demonstration einführen muß.

Aus diesem Grunde versuchte ich, Kraftquellen zu benutzen, die gleichsam masselos sind, oder deren Massen wenigstens im Vergleich zu den bewegten Massen vernachlässigt werden können. Als solche Kraftquellen stehen uns besonders die potentielle Energie einer gespannten Feder (bezw. Gummischnur) und die Expansion der Pulvergase zur Verfügung. Beides sind Bewegungsursachen, die der Schüler qualitativ schon als solche kennt, benutzt er sie doch schon auf einer viel früheren Altersstufe, als wo er Physikunterricht erhält, in der mannigfaltigsten Weise zum Treiben seiner Wurfgeschosse.

Da der Lehrer möglichst von bekannten Dingen ausgehen soll, um neue Begriffe zu entwickeln, oder vielmehr, um den schon bekannten Begriffen eine präzise Fas-

[9]) Die beschriebenen Apparate können von dem Institutsmechanikus Herrn E. Günther, hier, bezogen werden.

sung zu geben, so hielt ich Umschau unter den Kinderspielzeugen, ob nicht dort eine passende Kraftquelle vorhanden sei. Ich fand dieselbe in der „Eureka-Pistole“, einem Spielzeug, das wohl bekannt genug ist und hier nicht beschrieben zu werden braucht. Mit Hilfe derselben konstruierte ich den folgenden Apparat:

2. Beschreibung des Apparates I. Auf einer 56 cm hohen, an dem einen Ende des Experimentiertisches festgeschraubten Holzsäule (Fig. 1), die durch einen Strebebalken möglichst gegen Verbiegung geschützt ist, ist eine „Eureka-Pistole“, deren Feder durch eine etwas schwächere Feder ersetzt ist, um ein horizontales Scharnier drehbar angebracht. Um die Neigung der Pistole beliebig verändern zu können und um die Pistole in einer bestimmten Neigung festzustellen, ist an der Pistole ein messingener Kreisbogen angebracht, der an der Holzsäule festgestellt werden kann. Nach Art des den Eureka-Pistolen beigegebenen Gummipfeils sind

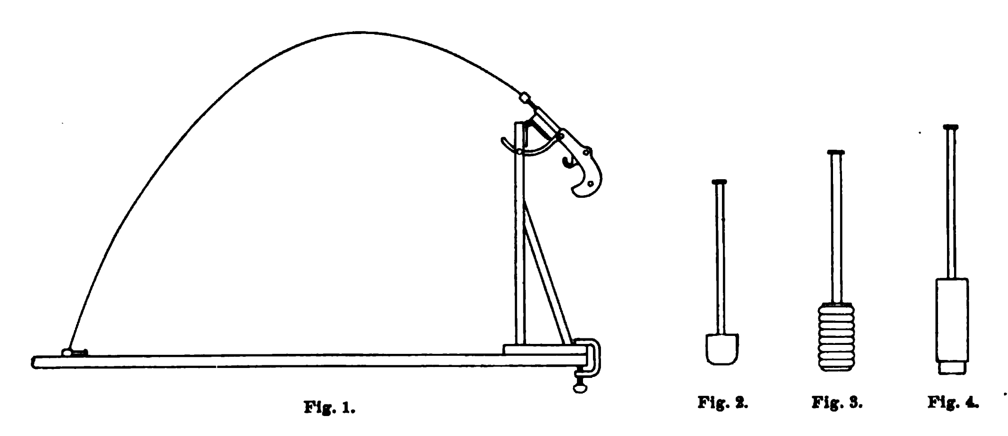
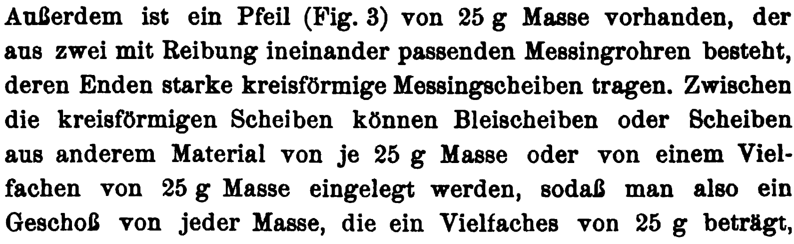


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Geschosse hergestellt, die aus einem in den Pistolenlauf passenden Messingrohr bestehen, an deren aus dem Laufe herausragenden Ende Bleikugeln durch Lötung befestigt sind (Fig. 2). Die Massen der Pfeile betragen 25, 50, 100, 150, 200, 225, 400, 450 g. Außerdem ist ein Pfeil (Fig. 3) von 25 g Masse vorhanden, der aus zwei mit Reibung ineinander passenden Messingrohren besteht, deren Enden starke kreisförmige Messingscheiben tragen. Zwischen die kreisförmigen Scheiben können Bleischeiben oder Scheiben aus anderem Material von je 25 g Masse oder von einem Vielfachen von 25 g Masse eingelegt werden, sodaß man also ein Geschoß von jeder Masse, die ein Vielfaches von 25 g beträgt, aus verschiedenem Material herstellen kann. Die Scheiben sind an ihrem zylindrischen Mantel mit Einkerbungen versehen, sodaß man von weitem die Zahl der 25 g Einheiten ablesen kann. Ferner ist noch ein Geschoß von 50 g Masse vorhanden, das an Stelle der Bleikugeln ein hohles an dem einen Ende durch eine Messingplatte, an dem anderen, vorderen Ende durch einen Gummistopfen verschlossenes Messingrohr trägt (Fig. 4). In das Messingrohr des letzteren Geschosses kann Wasser, Sand, Schrotkörner oder sonst etwas hineingetan werden. Endlich ist ein Messingstab mit daraufgelöteter größerer Wagschale (Fig. 5) von zusammen 100 g Gewicht vorhanden. Der Messingstab (Fig. 5 a) paßt ebenfalls in den Lauf der Pistole. Er ist mit einer Millimeterteilung versehen.



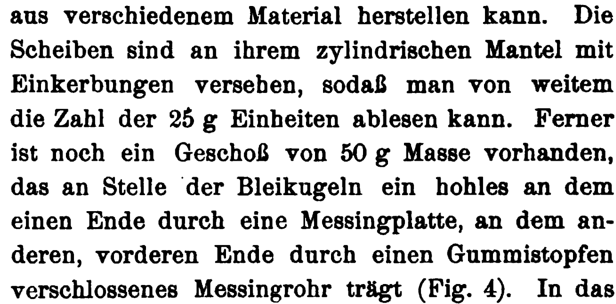


Fig. 5. Fig. 5a.

3. Versuchsanordnung zur kinetischen Massenbestimmung. Die Pistole wird mit einer Elevation von beiläufig 30° (Fig. 1) mit den Bleigeschossen (Fig. 2) geladen und, nachdem das Geschoß mit etwas weißer Wasserfarbe angestrichen ist, wird die Pistole losgeschossen. Es entsteht auf dem Tische ein weißer Fleck, der durch einen Kreidestrich deutlicher sichtbar gemacht wird, und der durch eine beigeschriebene Zahl angibt, welches der Geschosse bis zu dem bezeichneten Punkte geflogen ist. Man kann auch einfach das Geschoß selbst neben den Kreidestrich legen. Die Wiederholung des Schusses beweist, daß dasselbe Geschoß jedesmal bis zu demselben Punkte fliegt. Nun werden dieselben Versuche mit den Geschossen Fig. 3 wiederholt und jedesmal wird durch beigeschriebene Zahlen angegeben, ein Wievielfaches der Masse von 25 g (der vorläufig zu Grunde gelegten Masseneinheit) bis zu der betreffenden Stelle geflogen ist. Endlich wird das Geschoß, Fig. 4, mit verschiedenen Körpern, also Wasser, Schrotkörnern, Sand, Steinchen, Salz oder dergl. ganz oder teilweise gefüllt, dann wird das Geschoß mit derselben Elevation abgeschossen, und nun wird neben die markierten Einschlagspunkte ein Schälchen gesetzt, in welches die jedesmalige Füllung des Geschosses hineingeschüttet wird. Auf diese Weise erhält man eine größere Zahl von Wurfweiten, von denen mehrere übereinstimmen. Man nennt nun die Körper, welche unter dem Einflusse derselben Bewegungsursache (nämlich der gespannten Pistolenfeder) gleich weit bewegt sind, massengleich. Ein Vergleich der Gewichte massengleicher Körper beweist, daß massengleiche Körper auch gewichtsgleich sind. Es ist nun leicht, zu begründen, daß man denjenigen Körper, der das Gewicht von 1 g hat, als Masseneinheit wählt. Man sieht ferner, daß ein Körper von großer Masse weniger weit fliegt, als ein solcher von kleiner Masse.

Eine Wiederholung der ganzen Versuchsreihe oder eines Teils derselben mit anderen Elevationen der Pistole beweist, daß diejenigen Körper, welche bei der ersten Versuchsreihe massengleich waren, es auch bei der neuen Versuchsreihe sind.

Durch die beschriebene Versuchsanordnung ist es möglich, die Massen der verschiedenartigsten Körper zu vergleichen und bei der Massenvergleichung stets die kinetische Wirkung derselben Bewegungsursache als Merkmal für die Größe der Masse zu Grunde zu legen.

Daß man statt der kinetischen Massenvergleichung dann auch die statische Massenvergleichung an die Stelle setzen kann, indem man einfach das Gewicht der Körper zum Vergleich ihrer Massen heranzieht, ist nach der oben gewonnenen Erfahrung, daß massengleiche Körper auch gewichtsgleich sind, berechtigt.

4. Um die zahlenmäßige Beziehung zwischen Kraft, Masse und Bewegung herzuleiten, benutze ich einen Apparat, zu dessen Konstruktion mich folgende Überlegung führte: Ein mit immer gleicher Pulvermenge geladenes Geschütz stellt stets dieselbe Bewegungsursache für ein Geschoß dar. Würde man also zwei gleiche Geschütze, mit derselben Pulvermenge geladen, nebeneinander aufstellen, so würden zwei Geschosse von genau gleicher Beschaffenheit, aus beiden Geschützen abgeschossen, genau gleich weit fliegen. Umgekehrt kann man aus der gleichen Wurfweite der gleichen Geschosse auf dieselbe Bewegungsursache schließen.

Anstatt zwei nebeneinander stehende Geschütze zu verwenden, verwende ich ein an beiden Seiten offenes Geschützrohr, das in der Mitte das Zündloch trägt, und das von beiden Seiten mit gleichen Geschossen beladen wird. Stellt man dieses Geschützrohr in einer beliebigen Höhe über einer Horizontalebene horizontal gerichtet auf, so werden beim Losschießen des Geschützes auf beiden Seiten die beiden

gleichen Geschosse gleichzeitig herausfliegen und auf beiden Seiten in gleichen Abständen und zu gleicher Zeit den Boden oder die Horizontalebene erreichen. Da beide Geschosse also dieselbe Bewegungsveränderung erfahren haben, so geht daraus hervor, daß die explodierende Pulvermenge auf beide Geschosse dieselbe Kraft hat wirken lassen. Bei einem solchen Versuche stellt sich heraus, daß das Geschütz selbst (wie auch eine einfache Überlegung sofort zeigt) unverändert auf demselben Platze stehen geblieben ist; man kann dasselbe sogar pendelnd an einem Faden aufhängen, trotzdem bewegt es sich beim Schusse nicht.

Wie gestaltet sich nun die Sache, wenn auf beiden Seiten des Geschützrohres Geschosse von verschiedener Größe, verschiedenem Gewicht oder sonstwie verschiedener Beschaffenheit abgeschossen werden? Der Versuch belehrt uns, daß das schwerere Geschoß nicht so weit fliegt, wie das leichtere. Beide schlagen aber wieder in genau demselben Augenblick auf den Tisch. Das Geschütz bleibt wieder an derselben Stelle. Aus dem Stehenbleiben des Geschützrohres kann man schließen, daß die auf die beiden verschiedenen Geschosse einwirkenden Kräfte genau gleich sind. Dieselbe Kraft erzeugt hier bei den verschieden schweren Geschossen nicht dieselbe Bewegungsveränderung, da ja beide Geschosse verschieden weit fliegen. Die Ortsveränderung allein kann daher kein Maß für die Kraft abgeben. Um ein Urteil über die jetzt auftretenden Bewegungserscheinungen zu erlangen, muß man die Größe der Bewegungsveränderung messen können.

Ein sehr einfaches, aber, soweit mir bekannt, für die Zeitmessung bei Versuchen noch nicht angewandtes Prinzip gestattet eine äußerst leichte und bequeme Messung: Wenn ein Körper horizontal geworfen wird, und gleichzeitig ein anderer aus derselben Höhe frei herabfällt, so kommen beide gleichzeitig auf der Horizontalebene an (bekannter Apparat von Löwy). Aus der Fallhöhe kann man mittels der Formel $h = \frac{g}{2} t^2$ die Fallzeit t des freifallenden Körpers berechnen, dies ist zugleich die Zeit, die ein horizontal geworfener Körper bis zur Erreichung der Horizontalebene braucht. Kennt man die in horizontaler Richtung gemessene Entfernung (e) vom Anfangspunkte der horizontalen Wurfbahn bis zum Treffpunkt der Horizontalebene, so ist die Geschwindigkeit des Körpers durch den Quotienten $v = \frac{e}{t}$ bestimmt. Ist z. B. $h = 54{,}5$ cm, $e = 150$ cm, so errechnet sich $t = {}^1/_3$ sec. und $v = 450$ cm/sec.

Bei dem Schusse aus dem beiderseits offenen Geschützrohr ergab sich aber, daß der schwerere Körper nicht so weit flog, wie der leichtere. Berechnet man aus Wurfweite und Fallhöhe die Geschwindigkeiten, so stellt sich heraus, daß das Produkt $m \,.\, v$ für beide Geschosse dasselbe ist. Ein Maß für die gleichen Kräfte wird demnach nur durch das gleichbleibende Produkt $m \,.\, v$ gewonnen.

5. Beschreibung des Doppelgeschützes. Fig. 6 stellt das Doppelgeschütz mit den in dasselbe hineingesteckten Geschossen von 25 g und 50 g Masse in ${}^1/_3$ natürlicher Größe dar, während Fig. 7 die Versuchsanordnung in verkleinertem Maßstabe wiedergibt. Das Doppelgeschütz besteht aus einem starkwandigen Messingrohr von gut 5 mm innerem Durchmesser und von 6 cm Länge. Es ist auf ein 3×6 cm großes Messingblech, das als Fuß dient, aufgelötet. In der Mitte des Rohres ist oben ein kleines trichterförmig zulaufendes Loch, das Zündloch, gebohrt. Die trichterförmige Versenkung hat den Zweck, zu verhindern, daß die hier aufgelegten, zur Zündung dienenden Pulverkörner herunterfallen. Die Geschosse bestehen aus einem Messingstab von fast 5 mm äußerem Durchmesser und

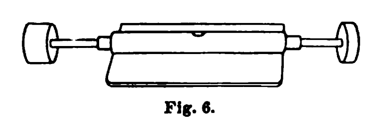


Fig. 6.

von 5 cm Länge. Auf dem Messingstab ist ein kleiner Messingring so aufgelötet, daß er beim Einschieben des Geschosses in das Geschütz an die vordere Geschützmündung anstößt, wenn das Ende des Stabes gerade in der Mitte sitzt. An dem anderen, aus dem Geschütz ragenden, Ende ist ein abgerundeter Bleizylinder von solcher Masse befestigt, daß das ganze Geschoß ein abgerundetes Gewicht besitzt. Von solchen Geschossen sind 2 à 20, 25, 30, 40, 50 g Masse vorhanden. Wenn man zwei der Geschosse von beiden Seiten in das Geschützrohr einführt, so stoßen sie in der Mitte zusammen, wenn die aufgelöteten Messingringe die Geschützmündungen berühren.

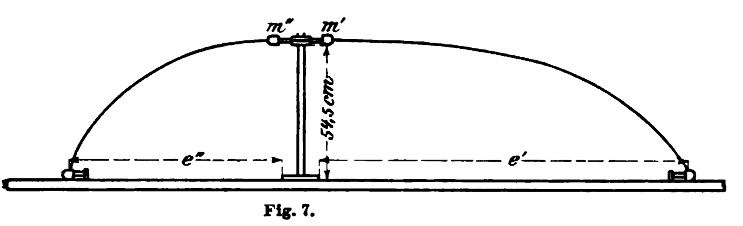


Fig. 7.

Das Geschütz wird, wie Fig. 7 zeigt, lose auf einer Holzsäule mit Fuß von 56 cm Höhe aufgestellt. Die Höhe ist so bemessen, daß sich der untere Rand des in das Geschütz eingeführten Geschosses 54,5 cm über der Tischfläche befindet.

Man schüttet in das Geschützrohr, in das man ein Geschoß bis zum Anschlagringe eingesteckt hat, gewöhnliches Jagdpulver und steckt dann ein anderes Geschoß in die freie Geschützöffnung hinein. Der Anschlagring dieses zweiten Geschosses soll jetzt ca. 3—8 mm von der Mündung vorstehen, sodaß also eine Pulversäule von 3—8 mm Länge abgeschlossen ist. Durch vorsichtiges Ausschütten oder Nachfüllen kann man die Ladung bequem abmessen. Durch Verändern der Pulverladung kann man die Wurfweite in weiten Grenzen verändern, doch wird man die angegebenen Grenzen innehalten, wenn man erreichen will, daß die Geschosse noch in abmeßbarer Entfernung auf dem Tische niederfallen. Darauf verschiebt man die Geschosse so, daß sie beide ungefähr gleich viel über die Mündungen herausragen, stellt das Geschütz auf die Holzsäule und schüttet einige Pulverkörner auf das Zündloch. Nun richtet man den ganzen zum Abfeuern bereiten Apparat so, daß die Längsachse des Tisches mit der Geschützrohrachse parallel ist, und entzündet das Pulver. Die Entzündung geht sehr bequem und sicher, wenn man einen einige Millimeter dicken Eisendraht in der Gasflamme zum Glühen erhitzt und dann mit dem glühenden Draht das Pulver berührt.

Damit man nach dem Schusse die Wurfweite auf dem Tische bequem erkennen kann, empfiehlt es sich, wie früher, die Geschosse kurz vor dem Abfeuern mit weißer Wasserfarbe zu bestreichen.

Der Versuch ist, wenn man die Pulvermenge nicht wesentlich größer nimmt als oben angegeben, absolut gefahrlos. Das lose auf der Holzsäule stehende Geschützrohr rührt sich absolut nicht, die Geschosse fallen auf den Tisch, fliegen dann in der Richtung der Tischachse noch weiter und fallen zu Boden.

Der Fuß der Holzsäule ist so bemessen, daß die unteren seitlichen Ränder desselben senkrecht unter den Bleikugeln der in dem Geschützrohr steckenden Geschosse sind. Deshalb ist bei der Bestimmung der Wurfweite letztere von den Rändern des Holzfußes aus zu messen.

Nach jedem Schusse muß das Geschützrohr mit Wasser ausgespült und dann ausgetrocknet werden, damit bei Wiederholung des Versuchs sich die Geschosse ohne große Reibung, die sonst durch den entstehenden Pulverschlamm verursacht würde, im Geschützrohr bewegen können. Um die Reinigung bequem und rasch (innerhalb weniger Sekunden) auszuführen, ist ein kleiner Reiniger dem Apparat beigegeben.

6. Versuchsresultate und Folgerungen. Von den zahlreichen Beobachtungsresultaten sei im folgenden eine Reihe mitgeteilt, die am Tage der Niederschrift des Manuskripts von den Schülern der Prima während der praktischen Übungen selbst beobachtet und gemessen worden ist. Keineswegs ist das eine Versuchsreihe, die besonders gut stimmt, denn sie stimmen alle in genau derselben Weise.

Zwei Geschosse von 25 und 50 g Masse wurden eingeladen und abgeschossen. Der Versuch wurde mit denselben Geschossen und veränderten Pulverladungen im ganzen viermal gemacht. Die Massen seien mit m' und m'', die gemessenen Schußweiten mit e'_1 e'_2 e'_3 e'_4 bezw. e''_1 u. s. w. bezeichnet:

$m' = 25$ g $\quad e'_1 = 242$ cm $\quad e'_2 = 122$ cm $\quad e'_3 = 314$ cm $\quad e'_4 = 213$ cm
$m'' = 50$ g $\quad e''_1 = 121$ cm $\quad e''_2 = 60$ cm $\quad e''_3 = 158$ cm $\quad e''_4 = 106,5$ cm.

Da die Schußhöhe $h = 54,5$ cm über der Tischfläche lag, so ergibt sich die Fall- oder Wurfzeit nach der Formel $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ zu $t = \frac{1}{3}$ sec. bei allen vier Versuchen. Die den Massen erteilten Geschwindigkeiten waren also:

$m' = 25$ g $\quad v'_1 = 726$ cm $\quad v'_2 = 366$ cm $\quad v'_3 = 942$ cm $\quad v'_4 = 639$ cm
$m'' = 50$ g $\quad v''_1 = 363$ cm $\quad v''_2 = 180$ cm $\quad v''_3 = 474$ cm $\quad v''_4 = 319,5$ cm.

Hieraus berechnet sich das Produkt mv bei allen vier Versuchen zu

$m'v'_1 = 18150 \quad m'v'_2 = 9150 \quad m'v'_3 = 23550 \quad m'v'_4 = 15975$
$m''v''_1 = 18150 \quad m''v''_2 = 9000 \quad m''v''_3 = 23700 \quad m''v''_4 = 15975$

Aus diesen Resultaten erkennt man, daß das Produkt mv bei jedem einzelnen Versuche bei beiden Massen fast genau dasselbe ist. Im ersten und vierten Versuch ist die Übereinstimmung eine absolute. Im zweiten Versuch beträgt die Abweichung ungefähr 1,5 %, im dritten 0,6 %.

Es ist noch zu bemerken, daß auch das Produkt $m.e$ bei allen Versuchen konstant bleibt. Man könnte also auch dieses Produkt als Kraftmaß benutzen. Da aber die absoluten Werte von e von der Fallhöhe, also auch von der Wurfzeit abhängen, so ist es erwünscht, statt der Größe e ein solches vielfaches von e einzuführen, daß alle Versuchsergebnisse auf die Zeiteinheit zurückgeführt werden. Es ist daher berechtigt, das Produkt mv als Maß für die Kraft der explodierenden Pulvergase anzusehen.

7. Bezeichnet man eine solche Kraft, wie die in Frage kommende, welche also nur während eines kurzen Zeitraumes wirkt, mit dem Namen „Impuls“ oder „Momentankraft“, so ist das Maß derselben das Produkt aus der in Bewegung gesetzten Masse und der ihr erteilten Geschwindigkeit.

Eine einfache Überlegung gestattet, den Zeitraum, während dessen die Kraft gewirkt hat, wenigstens annähernd zu berechnen. Die Geschwindigkeit v des das Geschützrohr verlassenden Geschosses ist bekannt. Im Augenblicke der Entzündung des Pulvers hatte das Geschoß die Geschwindigkeit Null. Man kann daher, ohne einen wesentlichen Fehler zu machen, annehmen, daß das Geschoß das Geschützrohr in derselben Zeit durchlaufen hat, wie wenn es innerhalb des Rohres die gleichmäßige Geschwindigkeit $\frac{v}{2}$ gehabt hätte. Doch darf man den Schluß nur für das leichtere Geschoß machen, da in dem Augenblicke, wo dieses das Rohr verläßt, auch für das schwerere die Triebkraft aufhört. Ist die Länge des im Geschützrohr steckenden Geschoßteiles a, also in unserem Falle ungefähr 2,7 cm, so folgt, daß das Geschoß $a : \frac{v}{2} = \frac{2a}{v}$ Sekunden im Rohr gewesen ist. Nehmen wir für v den Wert

540 cm (einen Mittelwert der Beobachtungen) an, so folgt $t = {}^1/_{100}$ Sekunde. Würde das Geschoß, nachdem es das Geschütz verlassen hat, sofort einen neuen Impuls von derselben Größe bekommen, so würde dieser der Masse eine neue Geschwindigkeitsvermehrung von 540 cm erteilen. Denkt man sich diese Impulse immer wiederholt, so würden in 1 Sekunde 100 solcher Impulse erfolgen und der Masse im ganzen die Geschwindigkeit von $\gamma = 54\,000$ cm erteilen. Eine solche wiederholte Aufeinanderfolge von gleichbleibenden Impulsen ist aber gleichbedeutend mit einer kontinuierlich wirkenden konstanten Kraft. Mit demselben Rechte, mit dem man vorhin den einzelnen Impuls durch das Produkt $m.v$ gemessen hat, wird man jetzt die Summe der Impulse, also die Größe der kontinuierlich wirkenden Kraft durch das Produkt $m.\gamma$ messen, wo γ die während einer ganzen Sekunde erzeugte Geschwindigkeit, die bei andauernd wirkender Kraft als Geschwindigkeitszunahme oder Beschleunigung bezeichnet wird, bedeutet.

Hieraus ergibt sich, daß man die konstant wirkende Kraft, also die Kraft im gewöhnlichen Sinne des Worts, durch das Produkt aus Masse und Beschleunigung zu messen hat.

In unserem speziellen Falle beträgt die von dem explodierenden Pulver ausgehende Kraft daher $K = 25 . 54\,000 = 1\,350\,000$ dyn. Dieses ist der Mittelwert der Kraft, während das Geschoß den Lauf durcheilt[1]).

Die beschriebene Versuchsanordnung ist besonders deshalb bei Einführung des Kraftbegriffes einfach und verständlich, weil die in Bewegung gesetzten Massen bei jedem Versuche von genau derselben Kraft in Bewegung gesetzt werden, und weil ferner der Zeitfaktor ganz herausfällt, denn sowohl die Wirkungszeit der Kraft, wie auch die Wurfzeit (wegen des gleichzeitigen Aufschlagens der Massen auf den Tisch) ist für beide Massen dieselbe. Außerdem ist die Kraft selbst gewissermaßen masselos, denn die Masse der Pulvergase kann im Vergleich zu den geworfenen Massen vollständig vernachlässigt werden. Wenn man eine Kraft durch ein fallendes Gewicht herstellt, so muß man die Masse dieses Gewichts immer mit berücksichtigen. Das macht die Entwicklung der Begriffe unklar.

8. Messung der Energie. Bei den Versuchen mit dem Doppelgeschütz war die Zeit der Kraftwirkung auf die beiden gleichzeitig in Bewegung gesetzten Massen dieselbe, denn die Energie der gespannten Pulvergase hört für beide Massen in dem-

---

[1]) Unter gewissen Voraussetzungen kann man hieraus auf den von den Pulvergasen ausgeübten Druck in Atmosphären schließen, doch betone ich ausdrücklich, daß dieser Schluß nur hypothetischen Wert hat. Der durchschnittliche Druck der Pulvergase auf die Endfläche des Geschosses beträgt $1\,350\,000 : 981$ g* $= 1370$ g*. Da die Endfläche den Durchmesser 0,5 cm, also den Flächeninhalt 0,25 qcm hat, so würde der Druck auf 1 qcm abgerundet berechnet 7000 g d. i. 7 Atmosphären betragen. Nimmt man nun ferner an, daß dieser Druck in dem Augenblicke geherrscht hat, wo das Geschoß sich in der Mitte einer Geschützrohrhälfte befand, so hatten in dieser die Pulvergase eine Gassäule von der Länge 1,5 cm ausgefüllt. Dieselben Pulvergase hatten aber im Augenblicke der Entzündung des Pulvers eine Gassäule von 0,3 cm ausgefüllt, daher betrug im Anfange der Druck der Pulvergase das fünffache des oben berechneten, also 35 Atmosphären.

Ich lasse es dahingestellt, ob man solche Spekulationen überhaupt im Unterricht anstellen soll, darüber kann man sehr verschiedener Meinung sein. Jedenfalls sind dieselben mit der größten Vorsicht und unter ausdrücklicher Betonung ihres hypothetischen Charakters nur dann auszuführen, wenn man eine Klasse vor sich hat, bei der man nicht Gefahr läuft, daß die reinen Forschungsergebnisse durch solche interessanten (!) Überlegungen getrübt werden. Man könnte dann sogar einen Schluß wagen auf die in den großen Geschützen herrschenden Gasdrucke, wenn man die Geschwindigkeit der großen Geschosse unter Berücksichtigung der in Bewegung gesetzten Massen in Rechnung zieht. Man erhält dann Resultate, die von derselben Größenordnung sind wie die wirklichen Größen.

selben Augenblicke zu wirken auf, in dem das eine Geschoß das Rohr verläßt. Verglichen wurden aber nur die Bewegungen der gleichzeitig bewegten Massen, nicht die Bewegungen der Massen des einen Versuchs mit denen eines anderen Versuchs. Ein derartiger Vergleich ist auch nicht möglich, da es nicht möglich ist, genau gleich große Energiemengen für zwei verschiedene Schüsse im Geschütz aufzuspeichern Wenn man auch versucht, jedesmal genau dieselbe Pulverladung zu benutzen, so stößt man dabei auf große Schwierigkeiten; die Schußweite ist auch bei den abgemessen gleichen Pulverladungen nicht immer dieselbe. Dazu kommt, daß durchaus nicht immer derselbe Betrag der ganzen verfügbaren Energiemenge auf die Geschosse übertragen wird.

Anders liegt die Sache aber bei der „Eureka-Pistole". Hier wird die Feder immer bis zu demselben Punkte gespannt, und die ganze Spannungsenergie wird auf das Geschoß übertragen, da das Geschoß erst dann den Lauf verläßt, wenn die Feder gänzlich entspannt ist, während bei den expandierenden Pulvergasen dieselben im Augenblicke des Verlassens des Geschosses noch einen unkontrollierbaren Betrag ihrer Spannung behalten haben. Die gespannte „Eureka-Pistole" stellt also eine immer gleichbleibende Energiequelle dar, die ihre gesamte Energie beim Schusse an das Geschoß abgibt. Deshalb eignet sich die Eureka-Pistole für Energievergleichungen.

Die Ausführung dieses Versuchs ist dem Versuche zur Massenvergleichung ähnlich. Es werden die verschiedenen Geschosse mit den verschiedenen Massen wieder aus der Pistole abgeschossen. Der wesentliche Unterschied besteht darin, daß die Pistole genau horizontal gerichtet ist. Durch diese Anordnung wird erreicht, daß die Wurfzeit, d. i. die Zeit, während welcher die Geschosse in der Luft fliegen, bei allen Geschossen gleich ist. Da nämlich die Pistole auf einer 56 cm hohen Säule steht, also der untere Rand der Geschosse sich beim Abschießen 54,5 cm hoch über dem Tische befindet, so beträgt die vertikale Bewegungskomponente 54,5 cm. Zum Durchfallen dieser Strecke braucht der Körper $^1/_3$ Sekunde. Dieses ist also auch die Wurfzeit der Geschosse.

Versuchsergebnisse: Die Wurfweite e, horizontal gemessen, wird zusammen mit den geworfenen Massen in eine Tabelle eingetragen. Eine mit den Bleigeschossen ausgeführte Versuchsreihe ergab folgende Resultate:

m in g	25	50	100	150	200	225	400	450
e in cm	178	125,5	89	72,5	63	60	45	42

Zur übersichtlichen Darstellung der Gesetzmäßigkeit werden alle Größen m durch 25 und alle Größen e durch 178 geteilt. Den letzteren Quotienten schreibt man in der Form $\frac{1}{n}$ und erhält:

$\frac{m}{25}$	1	2	4	6	8	9	16	18
$\frac{e}{178}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1,42}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2,46}$	$\frac{1}{2,83}$	$\frac{1}{2,97}$	$\frac{1}{3,96}$	$\frac{1}{4,24}$

Aus dieser Tabelle ergibt sich, daß die Zahlen in der unteren Reihe die reziproken Werte der Quadratwurzeln aus den Zahlen der oberen Reihe sind. Nennt man also eine Zahl der oberen Reihe p, so kann man die entsprechende Zahl der unteren Reihe $\frac{1}{\sqrt{p}}$ schreiben. Daraus geht hervor, daß das Produkt einer Zahl der oberen Reihe mit dem Quadrat der entsprechenden Zahl der unteren Reihe gleich „eins" ist. Ebenso ist das Produkt aus m und e^2 auch in der ersten Tabelle konstant.

Die Wurfweite e ist ein Drittel der sekundlichen Geschwindigkeit, mit welcher das Geschoß den Lauf verlassen hat. Führt man statt e die Geschwindigkeit v in das Produkt ein, so bleibt auch mv^2 konstant[2]). Die aus der angeführten Beobachtungsreihe berechneten Werte für mv^2 sind:

$713 \cdot 10^4$, $709 \cdot 10^4$, $713 \cdot 10^4$, $710 \cdot 10^4$, $714 \cdot 10^4$, $730 \cdot 10^4$, $730 \cdot 10^4$, $714 \cdot 10^4$.

Das arithmetische Mittel aus allen 8 Beobachtungen ist

$$mv^2 = 716 \cdot 10^4.$$

Aus später ersichtlichen Gründen ist es praktisch, statt des Produktes mv^2, den halben Wert desselben, also $\frac{1}{2} mv^2 = 358 . 10^4$ als Maß für den den Massen mitgeteilten Bewegungszustand einzuführen. Dieses Produkt wird die kinetische Energie einer bewegten Masse genannt.

Der bei der Entspannung der Feder sich dortselbst abspielende Vorgang ist eine Kraftwirkung. Nimmt man vorläufig an, daß die Kraft während ihrer ganzen Wirksamkeit dieselbe Größe (K) hatte, so war doch die Zeit ihres Wirkens in allen Versuchen verschieden, da die Geschwindigkeit, mit der die Geschosse den Lauf verlassen haben, also auch die Geschwindigkeit im Laufe selbst, stets verschieden war. Dagegen ist die Wegstrecke (s), längs welcher die bei allen Versuchen gleiche Kraft gewirkt hat, stets dieselbe gewesen. Es erscheint daher verständlich, die Kraftwirkung durch das immer gleich bleibende Produkt $K . s$ zu messen.

Die beiden Faktoren des Produktes sind einzeln meßbar. Man richtet die Pistole vertikal mit dem Laufe nach oben und setzt den geteilten Messingstab mit Wagschale (Fig. 5) ein. Dann liest man an der Teilung ab, bei welchem Teilstriche die Mündung der Pistole steht, wenn der Messingstab mit seinem unteren Ende die Feder berührt, und ebenso, wenn die Feder mittels des Stabes ganz zusammengedrückt ist. Aus dem Abstand der Teilstriche ergibt sich die Weglänge s, längs welcher die Kraft der gespannten Feder gewirkt hat. Im vorliegenden Falle ist $s = 5$ cm.

Um die Spannkraft der Feder zu messen, setzt man auf die Wagschale Gewichtstücke und beobachtet, daß die Länge des Einsinkens der Belastung proportional ist. Die Feder wird vollständig zusammengedrückt bei einer Belastung von 1500 g* (einschließlich Gewicht des Messingstabes mit Wagschale). Wegen der proportionalen Zunahme der Spannkraft kann man aber annehmen, daß die Wirkung der Feder dieselbe ist, als wenn sie während ihrer ganzen Entspannung, also längs des ganzen Weges s die Belastung von 750 g* hätte tragen können[3]). Es beträgt also die mittlere Spannkraft 750 g* oder $K = 750 . 981 = 735 . 10^3$ dyn.

Jetzt berechnet sich aus den beobachteten Werten $s = 5$ cm und $K = 735 . 10^3$ dyn das Produkt

$$Ks = 368 \cdot 10^4 \text{ erg}.$$

Der berechnete Zahlenwert von $K . s$ ist nahezu vollständig gleich dem vorher berechneten Werte des Produktes

$$\tfrac{1}{2} mv^2 = 358 \cdot 10^4.$$

---

[2]) Der Grund für die Einführung von v an die Stelle von e ist hier derselbe, wie der bei der Berechnung von mv auseinandergesetzte.

[3]) Daß der Ersatz der allmählich aber proportional zu- bezw. abnehmenden Spannung durch den Mittelwert der Spannung völlig berechtigt ist, ergibt folgende Berechnung:

Beträgt die Spannung der Feder bei völlig gespannter Feder P und ist hierbei die Feder um die Strecke s zusammengedrückt, so hat die Spannung am Ende der Strecke $\frac{s}{n}$ den Betrag $\frac{P}{n}$

Hieraus ist zu schließen, daß der durch das Produkt „Kraft × Weg" bestimmte Ausdruck für die Kraftwirkung gleich ist dem Produkt „halbe Masse × Quadrat der Geschwindigkeit". Das erste Produkt stellt die „potentielle Energie" der gespannten Feder, das zweite die „kinetische Energie" der bewegten Masse dar. Es ist also der experimentelle Beweis erbracht, daß die „potentielle Energie gleich ist der durch dieselbe hervorgebrachten kinetischen Energie".

Daß man durch Einsetzen einer stärkeren oder schwächeren Feder in die Pistole die Spannkraft derselben beliebig variieren kann, oder daß man als Triebkraft eine gespannte Gummischnur oder ähnliches benutzen kann, bedarf wohl nur des Hinweises.

Zum Schluß erwähne ich noch, daß die Versuche mit der Eureka-Pistole gewissermaßen eine Umkehrung der in d. Ztsch. *XV 268* dargestellten Versuchsanordnung von Maey darstellen, insofern als bei der Maeyschen Anordnung die Bewegungsenergie in Spannungsenergie umgewandelt wird, während bei der im vorliegenden Aufsatz beschriebenen Anordnung die Umwandlung der Spannungsenergie in Bewegungsenergie erfolgt[4]).

Der Foucaultsche Pendelversuch[1]).

Von

Dr. **Heinrich Schnell** in Darmstadt.

Die Formel des Foucaultschen Pendelversuchs $\beta = \alpha \sin \varphi$ ist in dieser Zeitschrift mehrfach erörtert worden. (Vergl. *XII 110*; *XIII 73*, *111*, *206*.) Aus diesen Aufsätzen geht hervor, daß es außer der Vahlenschen Ableitung (*XII 110*) keinen einwandfreien elementaren Beweis für die Formel gibt. Im folgenden soll eine solche gegeben werden.

Bei einer ganzen Umdrehung der Erde beschreibt ein ruhendes Pendel in der Breite φ mit seiner Verlängerung nach dem Erdmittelpunkte einen Kegel, dessen Spitze im Mittelpunkte M der Erde liegt (s. Fig.). Andrerseits umhüllt die Horizontalebene, die durch den

---

und am Ende der Strecke $\frac{K \cdot s}{n}$ den Betrag $\frac{K \cdot P}{n}$. Berechnet man den Wert der längs der einzelnen Teilstrecken $\frac{s}{n}$ von der Feder bei ihrer Entspannung geleisteten Arbeit, so ergibt sich:

$$0 \cdot \frac{s}{n} < A_1 < \frac{P}{n} \cdot \frac{s}{n}$$

$$\frac{P}{n} \cdot \frac{s}{n} < A_2 < \frac{2P}{n} \cdot \frac{s}{n}$$

$$\vdots$$

$$\frac{(n-1)P}{n} \cdot \frac{s}{n} < A_n < \frac{nP}{n} \cdot \frac{s}{n}.$$

Durch Summierung folgt für die Gesamtarbeit A

$$\frac{sP}{nn} \sum_1^{n-1} n < A < \frac{sP}{nn} \sum_1^{n} n.$$

Läßt man n unbegrenzt wachsen, so folgt

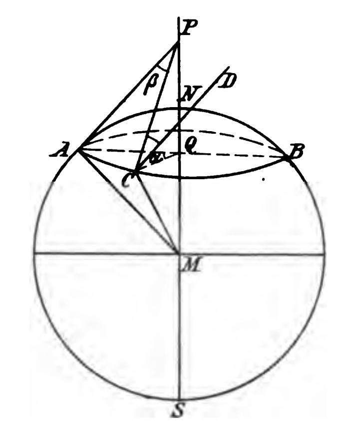
$$A = \frac{P}{2} \cdot s.$$

[4]) Die im obigen Aufsatze beschriebenen Apparate werden von der Firma „A. Krüß, Hamburg, Adolphsbrücke" nach meinen Angaben angefertigt.

[1]) *Anm. der Redaktion.* Die obige Ableitung ist nicht von der verschieden, die Herr M. Koppe in dieser Zeitschrift *I 21*, *Zeile 6—12*, unter Hinweis auf Herschels Outlines art. 245 angedeutet hat. Sie schließt sich auch eng an das ebenda S. 20 angeführte Foucaultsche Axiom an. Wir geben der Ableitung gern Raum, da sie die erwähnte Koppesche Bemerkung, die dem Verfasser nicht bekannt war, weiter ausführt und wie diese auf Einfachheit und Strenge der Darstellung abzielt.

tiefsten Punkt der Pendelschwingung gelegt ist, einen Kegel, dessen Spitze auf der Verlängerung der Erdachse in P liegt, und dessen Grundkreis der Parallelkreis AB ist. Die in A durch den tiefsten Punkt der Pendelschwingung in der Horizontalebene nach P gezogene Gerade, die die Nordsüdrichtung auf dieser Ebene angibt, behält während der ganzen Umdrehung ihre nordsüdliche Richtung bei.

Für die Erscheinung des Foucaultschen Pendelversuchs ändert sich nun nichts, wenn wir uns die Erde stillstehend denken, dagegen das Pendel mit seiner Verlängerung den Kegel MAB beschreiben und die „Horizontalebene" den Kegel PAB umhüllen lassen, wobei jedoch zu beachten ist — und das ist sehr wichtig —, daß die Bewegung der Horizontalebene kein einfaches Abrollen auf dem Kegel ist, sondern daß die Berührungslinie zwischen ihr und dem Kegel immer dieselbe Linie dieser Ebene bleiben muß. Die Bewegung der Horizontalebene ist daher keine einfache, sondern eine zusammengesetzte; sie läßt sich aber in zwei einfache Bewegungen zerlegen, nämlich in: 1. ein Abrollen auf dem Kegel und 2. eine Drehung um die Spitze P des Kegels. Rollt man z. B. die Ebene von PA bis PC ab, so ist noch eine Drehung um den Winkel APC nötig, damit die ursprüngliche Berührungslinie PA der Horizontalebene nach PC kommt.



Denken wir uns nun die Entfernung von A bis C *beliebig klein*, und betrachten wir das Verhalten der Pendelschwingungen bei der entsprechenden Doppelbewegung der Horizontalebene. Bei der ersten Bewegung, dem Auf- oder Abrollen, bleibt die gegenseitige Lage von Pendel, Horizontalebene und Richtung der Anziehungskraft der Erde unverändert, und daher auch die Richtung der Pendelschwingung zur Horizontalebene und zu einer gegebenen Richtung auf ihr unverändert, denn es ist kein Grund vorhanden, warum sich etwas ändern sollte. Schwingt z. B. das Pendel in A in der Richtung nach P, also nordsüdlich, so hat nach dem Aufrollen bis C die Schwingung des Pendels immer noch die Richtung AP. Wird jetzt aber die zweite Bewegung der Horizontalebene, die Drehung um den Winkel APC ausgeführt, so behält das Pendel seine Schwingungsrichtung bei, und in C angelangt, schwingt es in der Richtung CD, die mit der Nordsüdrichtung PC den Winkel $PCD = APC$ bildet. Durch den zweiten Teil der zusammengesetzten Bewegung der Horizontalebene, die Drehung, wird also die Ablenkung des Pendels hervorgerufen. *Die Schwingungsrichtung bleibt also nicht der Anfangsrichtung im Raum parallel, sondern nur der Anfangsrichtung auf dem aufgerollten Kegelmantel.* Ist die Entfernung von A bis C beliebig groß, so denken wir sie uns aus beliebig kleinen Strecken zusammengesetzt. Für das abgerollte Stück von A bis C läßt sich jetzt die Formel in der üblichen Weise ableiten:

$$AP = r \cdot \operatorname{ctg} \varphi, \quad AQ = r \cdot \cos \varphi.$$

$$AC = \frac{AQ \cdot 2\pi\alpha}{360} = AP \frac{2\pi\beta}{360}$$

$$\beta \cdot AP = \alpha \cdot AQ$$

$$\beta = \alpha \sin \varphi .$$

Will man den Vorgang beim Foucaultschen Versuche für die Breite φ, ähnlich wie es für die Breite von 90° üblich ist, veranschaulichen, so braucht man nur den Galgen mit dem Pendel, der gewöhnlich zur Demonstration der Erhaltung der Schwingungsebene des Pendels gebraucht wird, auf das eine Ende einer horizontalen Stange zu setzen und um das andere Ende zu drehen. Es entspricht dann die Länge der Stange der Strecke AP der Figur und der Bogen, um den das Pendel fortbewegt wird, dem Bogen AC. Für den Äquator ist AP also auch die Länge der Stange $= \infty$, für den Pol $= o$.

Apparat zur Demonstration der Blitzschutzvorrichtungen bei elektrischen Anlagen.

Von
Dr. **Penseler** in Blankenese.

Der in Fig. 1 dargestellte Apparat kann dazu verwandt werden, die Wirkung der Blitzschutzvorrichtungen von Telegraphen-, Telephon- und Starkstromanlagen zu demonstrieren, deren Leitungsnetz oberirdisch angelegt ist. Der Hauptsache nach besteht er aus einem senkrecht stehenden, rechteckigen, dicken Leitungsdraht *ORTP*. Die Höhe des Rechtecks beträgt etwa 35 cm, die Länge 50 cm. Der untere auf dem Grundbrett montierte Teil *P T* stellt die Erdleitung, der obere durch die Glassäulen S_1, S_2 und S_3 isolierte und gestützte Teil stellt die Außenleitung dar. An den 3 Stellen *AB*, *CB* und *KN*, wo die Oberleitung unterbrochen ist, können verschiedenartig gestaltete Verbindungsstücke — gerade Kupferdrähte oder Selbstinduktionsspulen — eingeführt werden; bei *KN* läßt sich auch eine Glühlampe oder ein Elektromotor oder ein elektrisches Meßinstrument einschalten.

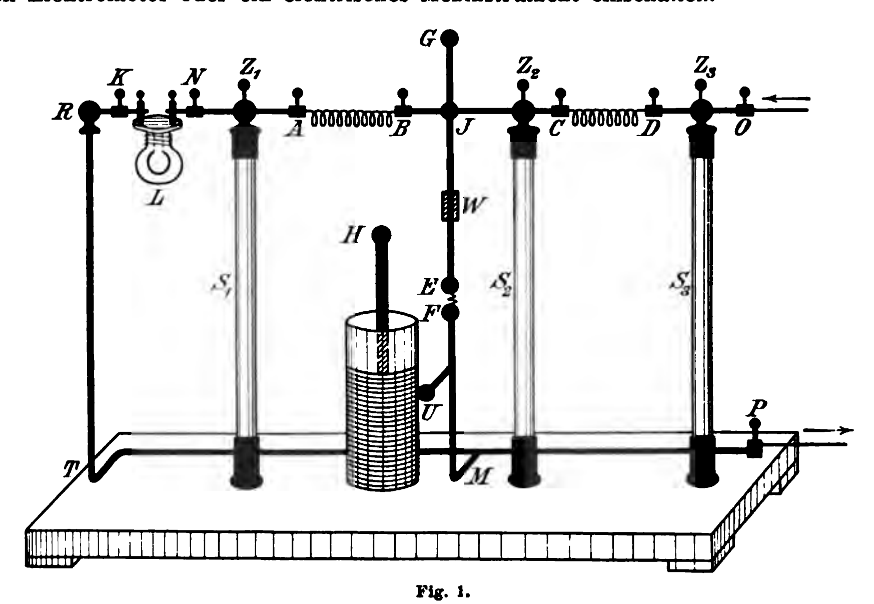


Fig. 1.

Um das Einspannen von Verbindungsstücken in den Unterbrechungen der Oberleitung zu erleichtern, sind die einzelnen Teilstücke der Leitung nach rechts und links hin zu verschieben; sie werden durch die Klemmen Z_1, Z_2 und Z_3 festgehalten. Bei *J* und *M* gehen von der Leitung senkrechte dicke Metallstäbe ab, die in abschraubbaren Kugeln endigen. Die Stange *GE* ist nach oben und unten verstellbar, sodaß die Luftstrecke *EF* verschieden groß gewählt werden kann. Eine Schraube bei *J* verhindert das Herabgleiten der Stange. Die in der Fig. 1 zwischen *A* und *B* und *C* und *D* angebrachten Selbstinduktionsspulen sind isolierte Kupferdrähte von circa 250 Windungen mit 0,8 cm Durchmesser. Die bei den Versuchen benutzte Leydener Flasche hatte eine Glashöhe von 20 cm. Statt derselben läßt sich ebenso vorteilhaft eine Influenzmaschine verwenden.

A. Grundversuche.

1. Man fügt zwischen *A* und *B* und *K* und *N* ein gerades Drahtstück ein, stellt die Stange *GE* so ein, daß zwischen *E* und *F* eine 3—4 mm lange Luftstrecke bleibt, verbindet *U* mit der äußeren und *G* durch einen Entlader mit der inneren Belegung einer geladenen Leydener Flasche und läßt bei *G* einen Funken auf die Außenleitung überspringen. Da in den geradlinigen Drahtstücken die Selbstinduktion durch die als Wechselstrom von hoher

Frequenz anzusehende Funkenentladung schwach, also auch der scheinbare Widerstand in der ganzen Leitung gering ist, so geht der Ausgleich der Elektrizitäten längs der Drahtleitung *JRTMU* vor sich.

2. Nun ersetzt man die geraden Kupferdrähte durch 2 Spulen von hoher Selbstinduktion und läßt wieder wie vorher bei *G* einen elektrischen Funken überspringen. Jetzt ist die Selbstinduktion in den Drahtrollen *AB* und *KN* so groß und darum der scheinbare Widerstand längs der ganzen Leitung so sehr angewachsen, daß der Elektrizitätsausgleich bei *EF* geschieht, d. h. zwischen *E* und *F* ein Funke überspringt. Zum Gelingen dieses Versuches darf die Luftstrecke *EF* nicht zu groß genommen werden, sie durfte bei meinem Apparate 5 mm nicht überschreiten, denn sonst ging der Ausgleich der Elektrizität trotz des scheinbaren Widerstandes in den Induktionsspulen doch längs der Leitung vor sich.

Auf diesem Grundversuch 2 beruhen die gebräuchlichsten Blitzschutzvorrichtungen der Schwach- und Starkstromanlagen. Sie haben den Zweck den Blitz, der in einen Leitungsdraht eingeschlagen hat, von den Apparaten — Telegraph, Telephon, Dynamo, Motor, Lampe — fernzuhalten und ihm einen bequemen und festvorgeschriebenen Weg zur Erde zu bieten. Wie der Entladungsfunke der Leydener Flasche, so ist auch der Blitz ein Wechselstrom von sehr hoher Spannung und von vielen Millionen Wechseln in der Sekunde. Schlägt der Blitz irgendwo in ein Leitungsnetz ein, so ruft er genau wie der elektrische Funke in demselben entgegengesetzt gerichtete Wechselströme durch Selbstinduktion hervor und damit einen schwer zu überwindenden scheinbaren Widerstand; er sucht sich den nächsten selbstinduktionsfreiesten Weg und zieht es vor, eine kurze Luftstrecke zu überwinden, statt längs des ganzen Leitungsdrahtes zur Erde zu fahren. Aber nicht nur der direkte Blitzschlag in einen Leitungsdraht kommt in Betracht, auch die Influenzwirkung benachbarter Blitzschläge macht sich in dem Leitungsnetz bemerkbar und kann, wenn keine Schutzvorkehrungen getroffen sind, die Apparate und Maschinen beschädigen.

B. Die Blitzschutzvorkehrungen von Schwachstromanlagen.

1. Der letzte Versuch leitet sofort zu den Blitzschutzvorrichtungen der Telegraphen- und Telephonanlagen über. Wenn man die Enden *O* und *P* des Drahtgestelles mit den Polen einer galvanischen Batterie von nicht zu hoher Spannung verbindet und vielleicht, um das Vorhandensein eines Stromes zu zeigen, bei *KN* ein Vertikalgalvanometer einschaltet, so geht der Strom, da *E* und *F* durch eine kurze Luftstrecke von einander getrennt sind, den vorgeschriebenen Weg durch das Galvanometer d. h. durch den Telegraphenapparat. Schlägt nun der Blitz in die Außenleitug bei *G* ein, d. h. läßt man bei *G* in der beschriebenen Weise einen elektrischen Funken überspringen, so wählt der Entladungsstrom, wenn man ihm der Sicherheit halber durch eine zweite Selbstinduktionsspirale *CD* den Weg durch die Batterie versperrt hat, den kürzeren Luftweg *EF* und fährt in die Erde. Damit ist der Blitz unschädlich gemacht und die Apparate sind gegen ihn gesichert. Der für einen Moment durch den überspringenden Funken hervorgerufene Kurzschluß bei *EF* verschwindet mit dem Funken sofort wieder, da der beim Telegraphieren verwandte galvanische Strom wegen seiner niedrigen Spannung nicht fähig ist, einen längeren Flammenbogen zu bilden. Dem Blitz erleichtert man den Übergang von der Oberleitung zur Erde wesentlich dadurch, daß man bei *E* und *F* statt der Kugeln geriffelte oder gezahnte oder mit Spitzen versehene Metallplatten anbringt. Die bei unserm Apparate benutzten Blitzplatten haben die in Fig. 2 abgebildete Gestalt.

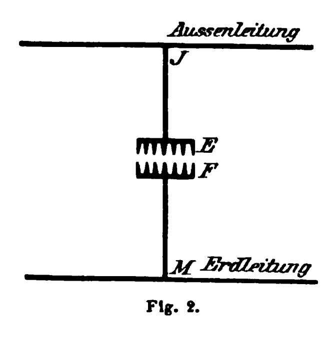


Fig. 2.

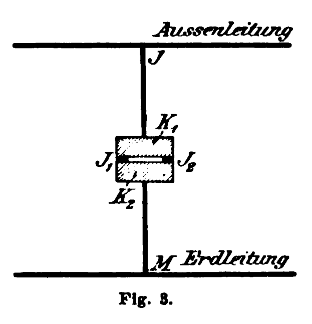


Fig. 3.

2. Der vorige Versuch erläutert zugleich das Prinzip des Blitzschutzes bei **Telephonanlagen**, denn wenn auch die äußere technische Ausgestaltung wesentlich anders als bei

Telegraphenanlagen ist, so ist doch der Grundgedanke genau derselbe. Der *Kohlenblitzableiter* der neueren Fernsprechapparate besteht aus 2 Kohlenplatten K_1 und K_2 (Fig. 3), die an den Rändern durch sehr dünne Isolierschichten J_1 und J_2 von einander getrennt sind. Die eine Kohlenplatte K_1 steht mit der Außenleitung, die andere K_2 mit der Erde in leitender Verbindung. Der Telephonstrom ist außerstande die Isolierschicht zwischen K_1 und K_2 zu überwinden, dagegen wählt die atmosphärische Elektrizität den nächsten Weg von K_1 über K_2 zur Erde. Dieser Kohlenblitzableiter tritt hauptsächlich in Tätigkeit bei schwachen elektrischen Einwirkungen der Atmosphäre, etwa bei Influenzwirkungen von Blitzschlägen, die in der Nachbarschaft erfolgt sind. Zur Unschädlichmachung stärkerer elektrischer Entladungen dient eine etwas längere und breitere Luftstrecke, die sich nahe dem Kohlenblitzableiter im Fernsprechapparat befindet und die dann vom Blitz beim Übergang in die Erde benutzt wird. Um das Einschlagen des Blitzes in die Telephonleitung überhaupt soviel wie möglich zu verhindern, hat man einzelne Leitungsmasten mit Auffangedrähten versehen, die etwa 20 cm über die Stangen frei herausragen und zur Erde führen.

C. Die Blitzschutzvorkehrungen von Starkstromanlagen.

1. Grundversuch. Nicht so einfach wie bei Schwachstrom ist die Beseitigung der Blitzwirkung bei Starkstrom. Um das zu veranschaulichen, bringt man O und P (Fig. 1) mit den Polen einer Starkstromleitung in Verbindung. Der Strom entzündet die Lampe L oder treibt einen zwischen K und N eingeschalteten Motor. Wieder läßt man in der üblichen Weise einen elektrischen Funken bei G auf die Außenleitung übergehen, wieder vollzieht sich der Elektrizitätsausgleich in Funkenform zwischen E und F, wieder ist somit der Blitz geerdet, aber — und das ist der große Unterschied gegen den Schwachstrom — jetzt hat der hochgespannte Starkstrom auf der vom Blitz geschaffenen Funkenbahn EF einen widerstandsfreieren Weg gefunden, er benutzt und unterhält ihn, und die Folge dieses recht störenden Kurzschlusses ist, daß die Lampe L verlöscht oder der Elektromotor still steht und solange außer Tätigkeit gesetzt wird, als der angezündete Flammenbogen besteht. Man hebt aber sofort wieder den Lichtbogen und damit den Kurzschluß auf, wenn man die Entfernung zwischen E und F vergrößert. Das läßt sich bequem dadurch erreichen, daß man nach Lockerung der Schraube bei J den Metallstab GE nach oben schiebt. Um hierbei den Körper gegen den Starkstrom zu schützen, tut man gut, über die Metallstange ein kurzes Stück W eines Gummischlauches zu ziehen, das man dann gefahrlos anfassen kann. Nach Beseitigung des Kurzschlusses funktionieren die eingeschalteten Apparate wie vor dem Blitzschlage. Man wähle bei diesem und den folgenden Versuchen die Funkenstrecke EF der Vorsicht halber möglichst klein, denn sonst kann es vorkommen, daß der Funke trotz der Selbstinduktionsspule in der Glühlampe überspringt, da der luftverdünnte Raum der Birne den Übergang der statischen Elektrizität sehr begünstigt. Tritt ein solcher Kurzschluß innerhalb der Lampe ein, so wird sie sofort zerstört. — Bei den Blitzschutzvorkehrungen der Starkstromanlagen tritt daher als notwendige Forderung hinzu, daß der durch den Blitz hervorgerufene Flammenbogen automatisch vernichtet wird. Mit dem Apparate lassen sich nun sehr gut die wichtigsten Methoden des Funkenausblasens demonstrieren.

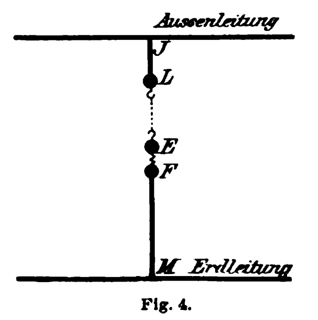


Fig. 4.

2. Die älteste und einfachste Vorrichtung beruht auf dem gleichen Prinzip wie die sogen. Bleisicherungen elektrischer Leitungen. Man ersetzt die Kugel E durch eine andere L, die mit einem Haken versehen ist. (Fig. 4). An diesem Haken befestigt man einen kurzen dünnen Eisendraht, an dessen unterem Ende eine Metallkugel E hängt. Dann stellt man die Metallstange GE so ein, daß zwischen E und F eine etwa 3—4 mm breite Luftstrecke bleibt. Läßt man nun einen Funken der Leydener Flasche bei G auf die Außenleitung übergehen, so entsteht durch den sich bildenden Flammenbogen Kurzschluß. Der nachlaufende Maschinenstrom bringt den Eisendraht LE zum Schmelzen, und damit ist der Kurzschluß beseitigt und die elektrischen Apparate treten

nach kurzer Unterbrechung wieder in Tätigkeit. Es liegt auf der Hand, daß eine derartige Blitzschutzvorrichtung ihre großen Mängel hat, denn nachdem sie einmal funktioniert hat, ist sie außer Betrieb gesetzt, es muß eine neue Sicherung eingesetzt werden, und das ist bei einem Gewitter, wo jeden Augenblick wieder der Blitz in die Leitung einschlagen kann, so gut wie unausführbar.

3. Die elektromagnetische Funkenlöschung bedeutet gegenüber dieser primitiven Methode einen wesentlichen Fortschritt, da der Blitzableiter nach erfolgtem Blitzschlag betriebsfähig bleibt. Die beiden recht verschiedenartigen Methoden der elektromagnetischen Funkenlöschung sind durch die Figuren 5 und 6 veranschaulicht. Man erkennt als wichtigsten Bestandteil dieser Vorkehrungen einen Elektromagneten, der mittels der Metallstange *LR* statt der Kugel *E* der Fig. 1 an dem Hauptapparat angebracht ist. In Fig. 5 ist der Magnet derartig befestigt, daß seine Pole nach unten zeigen. Das eine Ende der Magnetwickelung ist mit der Klemme *R* verbunden, das andere Ende mit dem Haken *S*, der in den schraffiert gezeichneten Eisenkern eingelassen ist. An dem Haken *S* hängt an dünner Messingkette der Eisenanker *E*, sodaß wieder zwischen *E* und *F* eine etwa 4 mm breite Luftstrecke bleibt. Zwischen *L* und *H* ist ein schlecht leitender, dünner Eisendraht gezogen. Ein auf die Außenleitung überspringender elektrischer Funke wählt den direkten Weg *JLHSEFM* und ruft zwischen *EF* den Flammenbogen hervor. Zugleich aber nimmt ein großer Teil des Kurzschlußstromes seinen Weg durch die Windungen des Magneten und bewirkt, daß der Eisenanker von dem erregten Elektromagneten angezogen wird. Dadurch vergrößert sich die Luftstrecke *EF* um 1 bis $1\frac{1}{2}$ cm, und der Flammenbogen zerreißt.

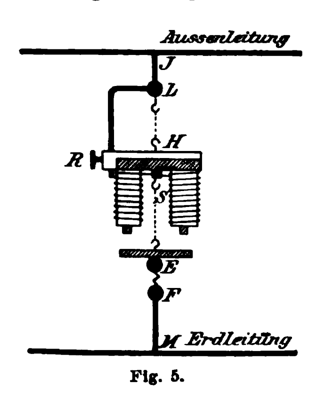


Fig. 5.

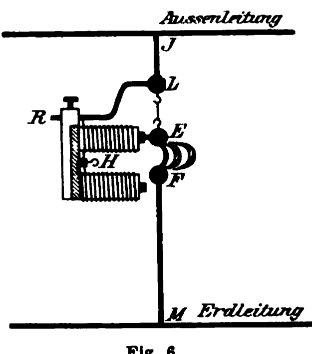


Fig. 6.

4. Wenn man den Elektromagneten durch ein etwas anders gebogenes Verbindungsstück *LR* in der Weise am Hauptapparat anbringt, wie es Fig. 6 zeigt, so hat man die neuere vollkommenere Art der elektromagnetischen Funkenlöschung. Man hakt den Eisenanker ab, schraubt in den oberen Pol des Magneten die mit Haken versehene Kugel *E* und stellt den Nebenapparat durch Verschieben der Stange *GJ* (Fig. 1) richtig ein. Nun verbindet man noch *E* mit *L* durch einen dünnen Eisendraht. Der Ausgleich der statischen Elektrizität geht jetzt wieder auf dem kürzesten Wege *JLEFM* vor sich; der durch den Funken erzeugte Kurzschlußstrom fließt wieder zum größten Teil über *L* und *R* durch die Magnetwickelung nach *E*, *F* und *M*. Vor den Polen des erregten Magneten bildet sich ein kräftiges magnetisches Feld, dessen Kraftlinien den Flammenbogen *EF* aus seiner senkrechten Lage herausdrängen, ihn dadurch wesentlich verlängern und nach wenigen Augenblicken zum Zerreißen bringen. Dieser Funkenlöscher wirkt besonders deshalb sicherer, da er keine beweglichen Teile enthält.

5. Noch einfacher und dabei ebenso betriebssicher ist der Siemenssche Hörnerblitzableiter. Nachdem man den Elektromagneten entfernt und außerdem den Knopf *F* der unteren senkrechten Metallstange *MF* abgeschraubt hat, ersetzt man beide Teile durch Drahtstücke von der in Fig. 7 dargestellten Form. Die Enden *AC* und *BD* haben die Gestalt von Hörnern. Der linke Draht ist in der Messinghülse *H* verschiebbar, damit man die Luftstrecke *AB* richtig einstellen kann. Zwischen *A* und *B* springt der elektrische Funke über, sobald man die Leydener Flasche bei *G* entladet, und hier bildet sich der Flammenbogen *AB*. Nun tritt eine eigentümliche Veränderung des Flammenbogens ein, er stellt sich nämlich senkrecht zu den beiden Hörnerenden, da die einzelnen Stromstrecken nach dem Ampèreschen Gesetz sich gegenseitig abstoßen und der Flammenbogen als ein sehr biegsamer Leiter anzusehen ist. Da ferner die zwischen *A* und *B* befindliche Luft stark erhitzt wird und daher empor-

steigt, so wird der Flammenbogen infolge der elektrodynamischen Wirkung des Stromes und des nach oben gerichteten Luftstromes mehr und mehr längs der divergierenden Hörnerenden emporgetrieben und verlängert; er wird schließlich so lang, daß der elektrische Strom ihn nicht mehr aufrechterhalten kann, er zerreißt, der Kurzschluß ist nach wenigen Sekunden abgestellt, und die elektrischen Apparate treten nach kurzer Unterbrechung wieder in Funktion. Durch zwei einfache Nebenversuche kann man sich leicht davon überzeugen, daß der aufsteigende Luftstrom das Ausblasen des Flammenbogens wesentlich beschleunigt: Bringt man nämlich die 2 Metallkörner in wagerechte Ebene, sodaß sie sich wie vorher gegenüberstehen — wegen der Verschiebbarkeit der einzelnen Teile des Apparates läßt sich das leicht bewerkstelligen —, und ruft man wieder durch den elektrischen Funken Kurzschluß zwischen den Hörnern hervor, so wird zwar auch jetzt der Flammenbogen durch die abstoßende Wirkung des Stromes ausgeblasen, aber es dauert viel längere Zeit, da der aufsteigende Luftstrom jetzt nicht mithilft. Noch deutlicher zeigt man den Einfluß des erwärmten Luftstromes, wenn man die Enden der Hörner nach unten richtet, denn nun unterbleibt das Verlöschen des Flammenbogens ganz, da die Wirkung des Luftstromes der elektrodynamischen des Stromes direkt entgegen gerichtet ist.

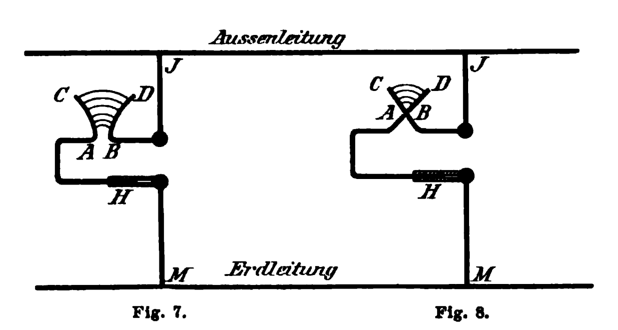


Fig. 7. Fig. 8.

6. Eine etwas abgeänderte Form der Hörnerblitzableiter zeigt die Fig. 8. Die sogen. Kreuzsicherungen bestehen aus 2 sich windschief kreuzenden Drähten. An der Stelle AB, wo die beiden Drähte sich auf ein paar Millimeter nähern, springt beim Blitzschlag der Funke über. Das Ausblasen des entstehenden Flammenbogens erfolgt in derselben Weise wie beim Hörnerblitzableiter.

7. Der sogen. Rollen- oder Walzenblitzableiter von Siemens & Halske läßt sich ebenfalls mit unserm Apparat zur Anschauung bringen, falls man über Wechselstrom verfügt. Diese Art Blitzschutzvorkehrung, die nur bei Wechselstromanlagen verwendbar ist, beruht auf der Erfahrung, daß gewisse Metalle und Metalllegierungen sehr wenig geeignet sind, den entzündeten Flammenbogen zu unterhalten. Der Blitzableiter besteht aus 3 dicht neben einander in einer Reihe aufgestellten, isolierten Walzen aus einer Legierung von Zink und Antimon, deren Metalldämpfe wenig leitend sind. Die eine äußere Walze ist mit der Außenleitung, die andere äußere mit der Erdleitung verbunden. Springt der Blitz zwischen diesen Walzen über, so ist die Verbindung zwischen Erde und Leitung sofort wieder unterbrochen. Das eigentümliche Verhalten, daß nur bei Wechselstrom der Blitzableiter sicher funktioniert, ist vermutlich darin begründet, daß bei Wechselstrom die Spannung periodisch durch Null hindurchgeht. Die Metalldämpfe des Flammenbogens haben daher nicht dauernd die hohe Temperatur, um genügend leitend zu bleiben, sodaß beim Wiederauftreten der Spannung der Lichtbogen sich nicht wieder entwickelt.

Die Firma Siemens & Halske hat die große Liebenswürdigkeit gehabt, mir eine solche Metallwalze zu überlassen. Ich habe mir daraus 2 kleine runde Stäbchen herstellen lassen, die ich in die Kugeln E und F (Fig. 1) hineinschraubte. Beschickte ich nun den Apparat mit Gleichstrom, so blieb der durch den elektrischen Funken hervorgerufene Flammenbogen bestehen. Bei Wechselstrom war er dagegen sofort wieder explosionsartig erloschen.

D. Andere Versuche mit dem Apparate.

Zum Schlusse mögen noch ein paar Versuche anderer Art erwähnt werden, die sich mit dem beschriebenen Apparat ausführen lassen.

1. Einfach und anschaulich läßt sich das Wesen der sogen. Bleisicherungen elektrischer Leitungen klar machen, wenn man die Spule CD (Fig. 1) durch einen recht dünnen

Eisendraht ersetzt. Sind E und F durch eine kurze Luftstrecke getrennt, so wird die zwischen KN eingeschaltete Glühlampe von dem Strom einer Batterie oder Starkstromanlage zum Glühen gebracht. Darauf stellt man Kurzschluß her, indem man die Kugel E mit F zur Berührung bringt. Der Lampe wird dadurch fast aller Strom entzogen, sie verlöscht, der Eisendraht aber schmilzt durch, da er jetzt von einem weit stärkeren Strom durchflossen wird. Eingehender läßt sich die Wirkung der Sicherungen durch einen anderen Apparat vorführen, der in No. 2, 1903, S. 84 dieser Zeitschrift näher beschrieben ist.

2. Der mittlere Teil des Apparates kann nach Entfernung der Spulen AB und CD (Fig. 1) zur Veranschaulichung der Wirkung des Blitzschlages dienen, wenn der Blitz im Innern eines Hauses auf einen schlecht leitenden und leicht brennbaren Stoff trifft. Ersetzt man nämlich die Kugel F durch eine kleine Metallschale, so wird ein sehr leicht entzündbarer Körper, beispielsweise Äther, der auf diese Schale getan wird, durch den überspringenden elektrischen Funken in Brand gesetzt. Bringt man aber E mit der Schale zur Berührung, so hat man einen Blitzableiter, es findet keine Zündung statt.

3. Wenn man die Kugel G (Fig. 1) durch eine andere ersetzt, die mit einer zur Seite gebogenen Metallspitze versehen ist, so kann der Mittelteil des Apparates sehr gut dazu verwandt werden, die elektrische Spitzenwirkung zu zeigen, wie sie in Müller-Pouillets Lehrbuch III, S. 198 und 199 beschrieben ist. Wird die Spitze dem Konduktor einer in Tätigkeit gesetzten Elektrisiermaschine genähert, so kann man das Ausströmen der Elektrizität für folgende drei Fälle darstellen:

a) Kugel E und F berühren sich. Der Konduktor läßt sich nicht merklich laden. Die Papierstreifen eines auf den Konduktor gesteckten Papierbüschels hängen schlaff herab.

b) Zwischen E und F befindet sich eine kürzere Luftstrecke. Es springen bei EF Funken über; je länger die Luftstrecke, um so seltener, aber kräftiger sind die Funken. Der Konduktor läßt sich nur intermittierend laden, was das Papierbüschel anzeigt.

c) Die Luftstrecke EF ist so groß, daß überhaupt keine Funkenbildung mehr eintritt. Der Konduktor läßt sich laden, er bildet mit dem Apparatenteil GE gleichsam einen einzigen vergrößerten Konduktor.*)

Katalyse und Katatypie[1].

Von

Dr. **W. Roth** in Berlin.

Es war eine merkwürdige Überraschung für die Chemiker, als immer mehr Reaktionen bekannt wurden, die an die Anwesenheit von Körpern gebunden zu sein schienen, ohne daß diese Körper in den Reaktionsprodukten auftraten, oder daß ein stöchiometrischer Zusammenhang mit der Menge der Reaktionsprodukte zu erkennen war.

Mitscherlich studierte zuerst einen solchen Vorgang eingehend, die Bildung von Äther aus Alkohol bei Gegenwart von Schwefelsäure; er führte den Begriff „Zersetzungen und Verbindungen durch Kontakt" ein. Berzelius zeigte, daß schon eine ziemlich große Zahl solcher Reaktionen bekannt war, und nannte sie „katalytisch". Die Umwandlung von Stärke in Dextrin und in Zucker durch verdünnte Säuren und die, z. B. im Malzextrakt enthaltene, Diastase gehören hierher, ferner die durch den verdienstvollen französischen Chemiker Thénard studierte Zersetzung von Wasserstoffsuperoxyd durch feinverteilte Metalle und Fibrin. Schon in diesen beiden am längsten bekannten Reaktionen macht sich ein merkwürdiger Parallelismus bemerkbar zwischen der Wirkung der allereinfachsten anorganischen und der allerkompliziertesten organischen Verbindungen, wie sie im lebenden Tier- und Pflanzenkörper gebildet werden. Dieser Parallelismus ist in neuerer Zeit immer mehr hervor-

*) Dieser Apparat ist zu beziehen von der Firma: Ferdinand Ernecke, Mechanische Präzisionswerkstätten, Berlin S.W.

[1]) Auszug aus dem Habilitationsvortrag des Verfassers.

getreten; ja, einer der erfolgreichsten neueren Forscher auf diesem Gebiet, Bredig in Heidelberg, hat seine Studien direkt unter dem Titel „Anorganische Fermente“ zusammengefaßt.

Betrachten wir einige solche katalytischen Prozesse näher. Die Darstellung von Sauerstoff aus Kaliumchlorat erfordert eine recht hohe Temperatur (350°) und ist dann sehr stürmisch. Durch Zusatz von Eisenoxyd, Braunstein, Kupferoxyd, Platinschnitzeln o. dergl. kann man die Reaktionstemperatur um 100—200° und mehr herabsetzen und die Entwicklung regelmäßig machen; andere Substanzen wie Natriumchlorid oder Kaliumchlorid erschweren die Zersetzung. Die Kontaktkörper bleiben dabei unverändert und ihre Wirksamkeit ist nicht an die Gegenwart einer bestimmten Menge gebunden. — Beim Titrieren von H_2O_2 mit $KMnO_4$ ist der Umsatz der beiden hohen Oxyde und die Entwicklung des Sauerstoffs oft träge, aber beim Hineinwerfen von einer Spur Platinmohr setzt die Reaktion auf das allerheftigste ein. Es ist selbstverständlich, daß keiner der reagierenden Körper und noch viel weniger die chemisch ganz indifferenten Reaktionsprodukte dem Platin etwas anhaben können. — Taucht man reines Kupfer in ausgekochte, also von höheren Oxyden des Stickstoffs befreite, konzentrierte Salpetersäure, so wird kaum Metall aufgelöst. Nach Zusatz einer Spur salpetriger Säure setzt die Reaktion ein und wird immer stürmischer, weil die Reaktion selbst den Katalysator als Nebenprodukt erzeugt. — Vollkommen trocknes Ammoniak und Salzsäure vereinigen sich nicht zu Salmiak; sobald eine Spur Wasserdampf hinzugebracht wird, tritt die Vereinigung unter heftiger Wärmeentwicklung ein. — Wasserstoff und Sauerstoff, Sauerstoff und Schwefeldioxyd vereinigen sich unter gewöhnlichen Bedingungen gar nicht oder, besser gesagt, unmerklich langsam; bei Gegenwart von fein verteiltem Platin geht die Vereinigung aber so heftig vor sich, daß bei der ersten Reaktion sogar Entflammung auftritt, ein Umstand, der aus dem alten Döbereinerschen Feuerzeug bekannt ist. — Auch die Ausscheidung von Natriumsulfat aus übersättigter Lösung durch einen hineingeworfenen Krystall und die Kondensation übersättigter Dämpfe durch beliebige feste Körper kann man zu den katalytischen Erscheinungen rechnen.

Auf einen besonders interessanten Fall von Katalyse möchte ich ein wenig ausführlicher eingehen, nämlich den, daß eine homogene Substanz in sich selbst einen Katalysator enthält, also gewissermaßen den Todeskeim in sich trägt. Dieser merkwürdige Fall findet sich bei einigen organischen Säuren, deren Wasserstoffionen als Katalysatoren für die eigene Muttersubstanz auftreten, sodaß der Katalysator bei der durch ihn eingeleiteten Reaktion seine Muttersubstanz mehr oder weniger vollständig zerstört und selbst dabei mit verschwindet. Man hat für den Vorgang den passenden Namen „Autokatalyse“ vorgeschlagen. Die am besten studierten Fälle sind die Autokatalyse von γ-Oxybuttersäure und von γ-Oxyvaleriansäure, die unter Wasserabspaltung in die Laktone übergehen. In konzentrierten frischen Lösungen ist die Menge der umzusetzenden Säure groß, ihr Dissoziationsgrad und damit die Konzentration des Katalysators relativ klein, bei fortschreitendem Zerfall nimmt die Menge des Katalysators ab, aber langsamer als die Säurekonzentration, sodaß die Reaktionsgeschwindigkeit, die von der Menge der zersetzenden und der zu zersetzenden Substanz abhängt, sich in ziemlich komplizierter Weise ändert. Bei 25° tritt erst ein Gleichgewichtszustand ein, wenn 65% der γ-Oxybuttersäure und 93% der γ-Oxyvaleriansäure zersetzt sind. Die höheren Säuren zerfallen noch schneller und vollständiger.

Die Zahl der katalytischen Reaktionen ließe sich aus der älteren und neueren Literatur leicht ins Ungemessene vermehren. Unter den früheren Forschern hat namentlich Schönbein, der geniale Entdecker des Ozons, eine Fülle von Reaktionen gefunden und qualitativ untersucht. Der anregendste moderne Chemiker auf dem Gebiet der Katalyse ist Ostwald. Er stellt die Behauptung auf: es gibt keine Reaktion, die sich nicht katalytisch beeinflussen ließe, und keinen Körper, der nicht in irgend einer Reaktion die Rolle als Katalysator spielen könnte.

Wie hat man sich nun die Wirkung dieser indifferenten Substanzen, die man Katalysatoren nennt, zu erklären? Berzelius gab seinerzeit keine Erklärung, charakterisierte aber die katalytisch zu beeinflussenden Reaktionen richtig. Liebig, sein wissenschaftlicher

Antipode, glaubte, daß die molekularen Schwingungen des Katalysators mit denen der zu katalysierenden Substanz synchron wären und jene bis zum Zerfall des Körpers verstärkten, eine Annahme, die sich nicht beweisen und nicht widerlegen läßt, die aber vor allem keine Handhabe zur experimentellen Durchforschung des neuen Gebietes gibt. Sie führt, wie Ostwald sich treffend ausdrückt, auf ein totes Geleis und hat, durch Liebigs wissenschaftliche Autorität gestützt, die Forschung nur gehindert. Schönbein glaubte, und mit ihm viele seiner Zeitgenossen, daß der Katalysator die Reaktionen aus eigener Kraft hervorbrächte. Lange Zeit half man sich mit der Annahme, daß der Katalysator mit dem zerfallenden Körper Zwischenprodukte, z. B. mit dem Kaliumchlorat höhere Oxyde bildete, die dann leichter zerfielen, als die ursprüngliche Substanz. In vielen Fällen liegt aber die chemische Unwahrscheinlichkeit, ja Unmöglichkeit dieser Annahme auf der Hand. Selbst die Isolierung eines solchen Zwischenproduktes entscheidet nichts, solange nicht bewiesen ist, daß es kein Nebenprodukt ist und daß der Zusatz des Zwischenproduktes den Vorgang erleichtert. Das Gemeinsame aller Reaktionen, die einer katalytischen Beeinflussung unterliegen, mögen sie nun die Aufhebung einer rein physikalischen Übersättigung oder die Bildung einer neuen chemischen Substanz von gleichem oder anderem Aggregatzustand sein, ist das, daß die freie Energie des Systems abnimmt, daß die Reaktionen also von selbst verlaufen oder von selbst verlaufen können. Alle katalytisch beeinflußbaren Systeme sind instabil oder metastabil. Es wäre absurd, anzunehmen, daß die oft minimale Menge des Katalysators, die zu der Quantität des Zersetzungsproduktes in gar keinem Verhältnis steht, das Energiereservoir für die Reaktion sein sollte. Vielmehr wird in den chemischen Vorgängen nur die Geschwindigkeit verändert und zwar erhöht oder erniedrigt. Da die anfängliche Geschwindigkeit oft so gering ist, daß sie sich unserer Wahrnehmung entzieht, wie bei der Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser bei gewöhnlicher Temperatur, so hat es oft den Anschein, als schüfe die Katalyse ganz neue Körper. Das ist aber nicht der Fall. Daß Knallgas, ein scheinbar sehr beständiger Körper, tatsächlich ein instabiles Gebilde ist, das vom energetischen Standpunkt aus keine Existenzberechtigung hat, geht aus einer einfachen Überlegung an der Hand der Gibbsschen Phasenregel hervor. Demnach muß sich das Knallgas von selbst in die stabile Form, das Wasser, umwandeln. Über die Geschwindigkeit der Umwandlung läßt sich allerdings mit Hilfe keiner Theorie etwas aussagen. Wir wissen nur, daß die Umsetzungsgeschwindigkeit nicht Null ist und mit steigender Temperatur wächst. Bei etwa 300° ist die Volumabnahme erst nach Tagen wahrnehmbar, bei tieferen Temperaturen auch nach Jahren nicht; aber trotzdem findet sie statt. Es hat also nichts Verwunderliches, wenn fein verteiltes Platin das Knallgas selbst bei — 20° entzündet. Wie geringe Mengen des Katalysators oft nur erforderlich sind, geht aus einem von Bredig angestellten Versuch hervor. 0,17 mg ganz fein verteiltes, durch Zerstäuben von Platinkathoden unter Wasser dargestelltes Platin brachte in 17 Tagen bei Zimmertemperatur 10 Liter Knallgas zur Vereinigung und war noch genau so aktiv wie vorher. Wie das Knallgas ist auch das Wasserstoffsuperoxyd bei den gewöhnlichen äußeren Bedingungen instabil; in reinem Zustand neigt es sogar zu gefährlichen Explosionen. Schönbein hat eine lange Liste von Substanzen aufgestellt, welche die Zersetzung des Wasserstoffsuperoxydes beschleunigen, Säfte von aller Art Pflanzen, ferner Kleber, Diastase, Hefe, Blutkörperchen, Kuhpockenlymphe u. s. w. Die Wirkung dieser Körper unterliegt denselben Gesetzen, wie die Katalyse durch Platinmohr oder durch kolloidal gelöstes Platin, wie es Bredig anwandte. Ein Grammatom solchen Platins, in 70 Millionen Litern gelöst, beschleunigt die Reaktion noch merklich. Auffallenderweise ist das Platin ebenso empfindlich gegen Gifte, besonders Blutgifte, wie die ungeformten Fermente, die Enzyme. $^1/_{100000}$ Grammmolekül Blausäure schwächt die Wirkung des Katalysators erheblich. Nach einer Erholungspause ist die Wirkung des Gifts verschwunden.

Eine Eigentümlichkeit mancher katalytischer Erscheinungen ist ihre Periodizität. Am bekanntesten ist das „schwingende Chrom" von Ostwald, metallisches Chrom, dessen Auflösung in Salzsäure periodisch schwächer wird, wieder ansteigt u. s. f. Dieselbe Erscheinung,

die sich aus unbekannten Ursachen an manchen Stücken des Goldschmidtschen Chroms von selbst zeigt, kann an jeder Probe durch den Zusatz einer minimalen Menge (0,001 %) Dextrin oder eines ähnlichen hochmolekularen Polysaccharids hervorgebracht werden. Mit der periodisch wechselnden Auflösbarkeit, die Ostwald in einer experimentell sehr feinen Arbeit eingehend studiert hat, geht eine periodische Schwankung der elektrischen Eigenschaften des Metalls, nämlich die Stellung in der Spannungsreihe, Hand in Hand. Eine andere katalytische Erscheinung, die eine deutliche Periode zeigt, hat Bredig kürzlich untersucht, die Katalyse von Wasserstoffsuperoxyd durch reines Quecksilber, das sich dabei mit einer Oxydhaut bedeckt, die später zerreißt. Das Entstehen und Zerreißen dieses Oxydhäutchens ist mit einer regelmäßigen Schwankung der Zersetzungsgeschwindigkeit verbunden.

Man sieht, daß die katalytischen Erscheinungen ebenso überraschend wie mannigfaltig sind, und es ist klar, daß viele von ihnen in der Technik mit Erfolg benutzt werden können. Denn das Wesen der Katalyse, die Beschleunigung oder Verlangsamung eines Prozesses ohne Arbeitsaufwand, ist für viele technische Prozesse überaus erwünscht. Ferner kann man häufig die Wahl des Katalysators so treffen, daß von zwei möglichen Reaktionen die eine beschleunigt, die andere verlangsamt wird. —

Die wichtigen und zahlreichen Fälle, wo katalytische Erscheinungen im Haushalt der Natur eine Rolle spielen, sind noch wenig untersucht, entziehen sich auch oft einem genauen quantitativen Studium. Daß eine weitgehende Analogie zwischen den anorganischen Katalysatoren und den im lebenden Körper wirksamen Enzymen besteht, haben schon Berzelius und Schönbein konstatiert. Noch weitgehender aber als diese Analogie sind die Schlüsse, die man früher und später aus ihr gezogen hat. Es ist ja verführerisch, wenn man bei anorganischen Prozessen auf Phänomene stößt, die der Ermüdung, der Gewöhnung, ja Fiebererscheinungen zu entsprechen scheinen, aber es ist gefährlich, auf solche Analogien großen Wert zu legen. Man hat wohl geglaubt, die Regeneration der verschiedenartigen Gewebe aus einer so komplizierten Flüssigkeit wie dem Blut durch den Hinweis einer Erklärung näher zu bringen, daß man aus einer physikalisch oder chemisch übersättigten Flüssigkeit durch verschiedene Katalysatoren die Abscheidung verschiedener Produkte auslösen kann. Schönbein, der der zünftigen Chemie seinerzeit etwas skeptisch gegenüberstand, war der Meinung, daß die katalytischen Prozesse manche biochemischen Rätsel eher verstehen lehrten, als die chemischen Synthesen, die die organischen und physiologischen Chemiker im Laboratorium mit den schärfsten physikalischen und chemischen Mitteln, deren Benutzung im lebenden Körper vollkommen ausgeschlossen ist, zu Wege brachten. Soviel ist jedenfalls sicher, daß beim Stoffwechsel, speziell bei der Verdauung, eine Fülle von katalytischen Prozessen vor sich geht. Ein solcher Prozeß ist die schon anfangs erwähnte Hydrolyse der Stärke unter der Einwirkung von Diastase oder ähnlichen Fermenten. Diesen Prozeß führt die Pflanze täglich aus. Unter der Wirkung des Lichts bildet sie in den Chlorophyllkörpern aus der Kohlensäure der Luft und aus Wasser Stärke. Die Stärke muß in der Nacht, wo die Assimilation ruht, aus den Blattzellen fortgeführt werden, um Raum für das neue Tagesquantum zu schaffen. Die Stärke wird also jede Nacht durch Katalyse in lösliche zuckerähnliche Produkte umgewandelt. Der Zucker wird an den Vegetationspunkten zum Teil sofort verbraucht, der Überschuß als Reserve in dem Samen, den Knollen oder Stengeln als Stärke abgelagert. Dort wird die Stärke, wenn im Frühjahr die neue Vegetationsperiode einsetzt, wieder in transport- und abbaufähige Substanzen katalysiert. Es ist das ein Prozeß, den man chemisch und physikalisch verfolgen kann. Ein französischer Forscher Maquenne hat z. B. beim Reifen von Samen den Zellsaft an verschiedenen Punkten der Pflanze, die von der Blüte verschieden weit entfernt waren, ausgepreßt und seine Gefrierpunktserniedrigung sowie den Gehalt an Trockensubstanz bestimmt. Die erste Messung gab die Gesamtanzahl der Grammmolekeln, die in 100 g Zellsaft enthalten sind; durch Kombination mit der Menge des Trockenrückstandes erhielt man direkt das mittlere Molekulargewicht der gelösten Substanzen. Dasselbe nahm zu, je mehr man sich dem Samen näherte. Umgekehrt nahm es beim Keimen der Samen mit der Zeit

ab. Bei Erbsen war es nach 6tägigem Keimen etwa 300, nach 40tägigem etwa 100. Man kann also den katalytischen Prozeß durch eine sinnreiche Kombination von chemischen und physikalischen Methoden zahlenmäßig verfolgen. —

Ich wende mich nun dem Gebiet der chemischen Technik zu. Eine der ältesten und wichtigsten Fabrikationszweige, die Darstellung von Schwefelsäure, beruht höchstwahrscheinlich auf einem katalytischen Prozeß. Da sich schweflige Säure von selbst, allerdings langsam, mit dem Luftsauerstoff zu Schwefelsäure umsetzt, ist der Prozeß einer katalytischen Beeinflussung zugänglich. Durch Zufall fand man, daß Salpetersäure und ihre Reduktionsprodukte die Oxydation sehr beschleunigen. Bei falscher Leitung des Prozesses kann man Zwischenprodukte isolieren, aber die schnellere Oxydation der schwefligen Säure durch den Zusatz von nitrosen Dämpfen wird durch die komplizierten Formeln, die man für die Vorgänge im Bleikammerprozeß aufgestellt hat, nicht erklärt. — Die Herstellung der rauchenden Schwefelsäure wird neuerdings nach einem Verfahren ausgeführt, dessen katalytische Natur über jeden Zweifel erhaben ist, dem von Clemens Winkler in die Technik eingeführten Kontaktverfahren. Es ist denkbar einfach; man leitet die arsenfreie schweflige Säure mit Luft gemischt über einen erhitzten Katalysator und erhält direkt Schwefelsäureanhydrid, aus dem man durch Wasserzusatz Schwefelsäure von jeder beliebigen Konzentration darstellen kann. Solche Katalysatoren sind platinierter Asbest, mit Platinmohr überzogene Tonstücke, Eisenoxyd oder Chromoxyd. Neuerdings verwendet man Abfallprodukte von anderen Industriezweigen, wie Zinkabbrände. Man umgeht so die umständliche und kostspielige Konzentration der Schwefelsäure in Bleipfannen oder Platinkesseln und den nachherigen Zusatz von Schwefelsäureanhydrid. Die billige Darstellung der rauchenden Schwefelsäure ist ein enormer Fortschritt und hat manche wichtigen technischen Prozesse rentabel gemacht, sodaß die synthetisch dargestellten Produkte mit den aus natürlichen Rohmaterialien gewonnenen konkurrieren können. Die Darstellung des Chlors nach dem Deacon-Prozeß beruht ebenfalls auf Katalyse. Wenn man Salzsäure und Luft bei 400° über Ziegelsteine streichen läßt, die mit Kupfersalzen getränkt sind, und dadurch Chlor erhält, so läßt sich schlechthin keine andere Erklärung der Reaktion geben, als Zersetzung durch Kontakt oder Katalyse.

Ich komme nun zu der interessantesten und jüngsten Anwendung der Katalyse, der Katatypie. Die Wortbildung ist etwas barbarisch. Gemeint sind katalytische Prozesse, die auf photographische und phototypische Verfahren angewendet werden. Die Methoden sind, wie fast alle neueren katalytischen Untersuchungen, aus dem Laboratorium von Prof. Ostwald in Leipzig hervorgegangen. Da die Hauptphasen des photographischen Prozesses wahrscheinlich auf Katalyse beruhen, lag es nahe, bekannte katalytische Reaktionen für die Photographie nutzbar zu machen. Die wichtigsten Substanzen, mit denen der Photograph operiert, das fein verteilte metallische Silber und in der Platinotypie das Platin, sind längst als vorzügliche Katalysatoren bekannt. Jedes photographische Negativ oder Positiv ist also als Katalysator zu benutzen und das Problem, von einem Positiv oder Negativ Kopien ohne Belichtung zu erzeugen, müßte also lösbar sein: die Lösung dieses Problems ist die Katatypie.

Ostwalds Schüler und Assistent Gros hat eine Fülle von katatypischen Methoden erdacht und durchgearbeitet. Man kann die photographische Platte direkt zur katatypischen Bilderzeugung benutzen oder praktischer Zwischenreaktionen einschalten. Ein direkter Prozeß ist z. B. folgender: Pyrogallol wird durch schwache Oxydationsmittel langsam oxydiert und nimmt dabei eine braune Farbe an. Platin oder Silber in fein verteiltem Zustand beschleunigt die Oxydation. Preßt man also ein photographisches Positiv auf ein mit Pyrogallol und einer schwach oxydierenden Lösung wie z. B. einer Kaliumbromatlösung getränktes Papier, so erhält man nach einiger Zeit ein seitenverkehrtes, rotbraunes Positiv, das sich aber schlecht fixieren läßt. Würde man das Pyrogallol nicht entfernen, so würde die Oxydation auch an den nicht mit Platin behandelten Stellen langsam eintreten, oder, besser gesagt, fortschreiten; außerdem geht die Reaktion zu langsam, und sie durch einen zweiten Katalysator wie Kupferchlorid nochmals zu beschleunigen, ist aus anderen Gründen nicht angängig.

Viel eleganter und vielseitiger ist die Katatypie bei Einschaltung von Zwischenreaktionen. Als geeignetstes Reagens erwies sich das Wasserstoffsuperoxyd. Übergießt man ein Negativ mit einer 1—2 prozentigen ätherischen Wasserstoffsuperoxydlösung, so zersetzt sich das Wasserstoffsuperoxyd nach dem Abdunsten des Äthers an den Stellen, wo feinverteiltes Metall vorhanden ist, die also im Gegenstand den hellen Partien entsprechen. Da der Katalysator proportional seiner Menge wirkt, erhält man also ein genaues unsichtbares Positiv von Wasserstoffsuperoxyd. Dieses unsichtbare Bild kann man durch Pressen auf Gelatinepapier übertragen und nun mit jeder oxydabeln Substanz, die beim Oxydieren ein farbiges Produkt gibt, entwickeln, d. h. sichtbar machen. Ferrosalz gibt also ein gelbbräunliches Bild, das mit Ferrocyankali blau, mit Gallussäure schwarz-violett wird, d. h. Tinte gibt. Aus ammoniakhaltigen Manganosalzlösungen entsteht Mangansuperoxydhydrat, das mit Anilin das beständige Anilinschwarz gibt. Das Wasserstoffsuperoxyd kann aber nicht nur oxydieren, sondern auch reduzieren. Entwickelt man z. B. mit rotem Blutlaugensalz und einem Kupfersalz, so wird das entstehende Ferricyankupfer zu unlöslichem rotbraunen Ferrocyankupfer reduziert. Da der Katalysator laut Definition an der chemischen Reaktion nicht teilnimmt, kann man dieselbe Platte beliebig oft benutzen. Man hat hier ein weites Versuchsfeld vor sich und kann Bilder in jeder Farbe erzeugen, da jede Farbennuance in irgend einem chemischen Produkt organischer oder anorganischer Natur vorkommt. Eine große Annehmlichkeit bei der Katatypie ist es, daß die Originalnegative nicht mehr durchsichtig zu sein brauchen; man ist also nicht mehr an die Benutzung der schweren und zerbrechlichen Glasplatten und der leicht verderbenden Celluloidfilms gebunden, sondern kann die lichtempfindliche Schicht auf jedes beliebige, bequeme Material, wie z. B. Papier, auftragen!

Durch einen katalytischen Kunstgriff kann man auf einer gewöhnlichen photographischen Bromsilberplatte mit einem Negativ nach Belieben ein seitenverkehrtes Positiv oder Negativ erzeugen, je nachdem man die das Bild aufnehmende Platte vorher im ganzen belichtet oder nicht. Für die Mannigfaltigkeit der möglichen Kombinationen möchte ich noch ein Beispiel geben, das zeigt, wie man ohne jede Lichteinwirkung beliebig viele Bilder herstellen kann. Man bestreicht Papier mit einer verdünnten Permanganatlösung, es entsteht braunes Mangansuperoxydhydrat; auf die braune Fläche zeichnet man den abzubildenden und zu vervielfältigenden Gegenstand mit einer oxalsäurehaltigen Lösung. Die Oxalsäure reduziert das Mangansuperoxyd, nun übergießt man das Papier mit Wasserstoffsuperoxyd, dann wirken die Linien der Zeichnung nicht ein, während das Mangansuperoxyd an den anderen Stellen das Wasserstoffsuperoxyd katalysiert.

Da Wasserstoffsuperoxyd oder die durch Wasserstoffsuperoxyd erzeugten Superoxyde der Schwermetalle Leim, Gelatine, Gummi und ähnliche Substanzen gerben, d. h. ihnen die Quellfähigkeit und Löslichkeit nehmen, aber die Eigenschaft Druckerschwärze festzuhalten nicht beeinflussen, genau wie Chromat unter der Einwirkung des Lichts, so lassen sich alle photomechanischen Druck- und Reproduktionsverfahren ohne Ausnahme mittels katatypischer Prozesse ausführen und zwar schneller und billiger, als nach den bisherigen Verfahren. Mit Hilfe eines Negativs einen tadellosen Gummidruck herzustellen, nahm bei der Vorführung der Katatypie durch den Entdecker nur wenige Minuten in Anspruch.

Es ist selbstverständlich, daß die Methoden noch nicht in allen Einzelheiten einwandsfrei arbeiten; manche Details haben die Entdecker aus leicht verständlichen Gründen nicht angegeben, sodaß Versuche, die Experimente nachzumachen, nicht immer befriedigende Resultate ergeben haben. Aber es ist zu erwarten, wenn die Probleme vollständig durchgearbeitet sind, daß namentlich die photomechanischen Methoden durch die Anwendung der Katalyse erheblich umgestaltet, vereinfacht und verbilligt werden. Und diese jüngste Nutzbarmachung von physikalisch-chemischen Methoden und Prozessen durch deutsche Forscher ist ein neues Zeichen dafür, daß die physikalische Chemie, so theoretisch und abstrakt sie scheinen mag, doch sehr wohl zu überraschenden und verwertbaren praktischen Folgerungen führt.

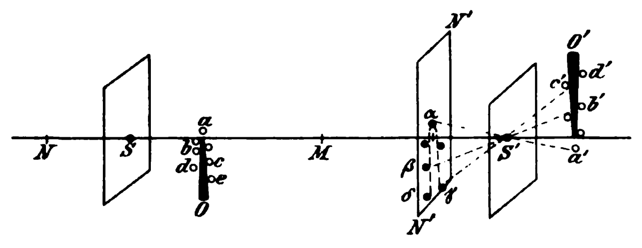
Kleine Mitteilungen.

Ein Gegenstück zum Sehen mittelst enger Öffnungen.

Von **J. Jung** in Sternberg.

Der XIII. Jahrgang dieser Zeitschrift enthält einen Aufsatz von mir über „das Sehen mittelst enger Öffnungen" (S. 323f.), in welchem eine einfache geometrisch-optische Erklärung jener merkwürdigen Erscheinungen gegeben ist, die für das (nicht jeweilig akkommodierte) Auge hervorgerufen werden, wenn es Licht von einer kleinen Schirmöffnung (punktförmigen Lichtquelle) erhält, wobei ein kleiner Körper (Nadelspitze) irgendwo in den Strahlengang gebracht ist. Es sei hier an einen der mannigfachen möglichen Fälle angeknüpft: Blickt man ohne Akkommodationszwang auf einen für das deutliche Sehen zu nahen Schirm mit kleiner Öffnung, jenseits dessen ein heller Hintergrund sich befindet, so zeigt sich eine matterleuchtete Kreisfläche; hält man zwischen Schirmöffnung und Auge eine Nadelspitze, so erscheint sie dunkel und ziemlich scharf begrenzt in dem hellen Feld, jedoch verkehrt. Nun mache man folgenden Versuch: Auf einer weißen Papierfläche befinde sich ein schwarzer „Punkt", richtiger ein kleiner schwarzer Fleck. Ist das Auge so nahe, daß er nicht deutlich gesehen werden kann, so hat man den Eindruck einer kleinen, mehr oder weniger dunklen Kreisfläche, eine Folge des Entstehens eines reellen Punktbildes hinter der Netzhaut und der Begrenzung des Strahlenganges durch die runde Pupille. Befindet sich aber eine (aufrecht gehaltene) Nadelspitze noch näher am Auge, so erscheint sie sonderbarerweise weiß und verkehrt im dunklen Kreisfelde.

Offenbar wäre es keine zureichende Erklärung, wenn man sagte, man habe eben den vorher erwähnten Fall vor sich, nur sei die dort leuchtende Schirmöffnung ersetzt durch eine schwarze, der schwarze Schirm durch einen leuchtenden, sodaß jetzt ein schwarzes Feld mit weißer Umgebung und daher auch weißen Bildern entstehen müßte, da ja im vorhin angeführten Falle auch Umgebung und Bild in der Dunkelheit übereinstimmten. Vielmehr ist ein schwarzer Punkt ja kein Strahlenzentrum, ein solches ist hier garnicht vorhanden. Der Enderfolg ist allerdings so, daß in der geometrischen Konstruktion schließlich eine Übereinstimmung sich zeigt; die Berechtigung der im früheren Falle brauchbaren Konstruktion muß jedoch erst durch neuerliche Verfolgung der Bilderzeugung im Auge sich erweisen.



Behufs größerer Allgemeinheit sei angenommen, daß das Auge auf einen Punkt N im Endlichen akkommodiert ist. Wie in der angeführten früheren Arbeit wollen wir N den „Deutlichkeitspunkt" nennen, da die Ebene durch ihn normal zur Augenachse ihr deutliches reelles Bild auf der Netzhautebene $N'N'$ hat (s. Fig.). M sei der optische Mittelpunkt des Auges. Ist der schwarze Punkt S auf weißem Felde dem Auge näher als N, so muß man das reelle Bild von S hinter der Netzhaut in S' annehmen. Noch näher dem Auge sei das Objekt O, etwa die Nadelspitze. Ihr reelles Bild müßte noch hinter S' entstehen, in O'. Es empfiehlt sich nun, gerade den weißen Schirm mit S als „Objekt" und die nicht leuchtende Nadelspitze als umgeben von unendlich vielen „Öffnungen", z. B. a, b, c, ..., anzusehen. b befindet sich diesseits der Papierebene, c jenseits, desgleichen d, e u. s. w. Diese „Öffnungen" bilden sich an den Rändern von O' ab, in a', b', c', ..., und jede derselben läßt von S ein „Bild" auf der Netzhaut entstehen, so, als blickte das Auge durch die betreffende gedachte Öffnung auf das Objekt S. Denken wir an die Öffnung a allein, so haben wir das Bild S' von a'

[1]) Der Versuch, an den die obige Mitteilung anknüpft, ist bereits von Tissandier (La Physique sans appareils, p. 138) bekannt gemacht, und danach in der Prakt. Physik 3, 108 (1890), in den Period. Bl. 6, 119 (1901) und von Weiler in seinem Physikalischen Experimentierbuch S. 94 beschrieben worden; doch fehlte es bisher an einer gründlichen Erörterung der Erscheinung. *D. Red.*

aus auf $N'N'$ zu projizieren, denn nur solche Strahlen der weißen Ebene um S tragen zu der von a zugelassenen Abbildung um S' bei, deren optisch entsprechende Strahlen auf a' zu sich bewegen. So entstünde wegen der kleinen Öffnung a ein lichtschwaches Bild des Schirmes auf der Netzhaut mit dem schwarzen Punkte α inmitten des weißen Schirmbildes. Vom Öffnungsbilde b' projiziert sich S' nach β, von c' nach γ, und so reihen sich die schwarzen Bildpunkte um ein dem Nadelbild O' ähnliches Gebiet, das allen lichtschwachen Netzhautbildern — herrührend von den unendlich vielen Öffnungen um O — des weißen Schirmes gemeinsam, daher vollkommen weiß ist, während die Schwärze der umgebenden Punkte α, β, ... keine völlige sein kann, weil z. B. das schwache Weiß des von b herrührenden Bildes den absolut schwarzen Fleck α überdeckt, was ebenso bezüglich c, d, ... gilt. Wie man sieht, ist das weiße Nadelbild aufrecht, aber eben darum wird es vom Auge als verkehrt empfunden.

Läßt man das Objekt O am bisherigen Platze, entfernt jedoch den Schirm S über den Deutlichkeitspunkt hinaus, so tritt S' vor die Netzhaut, und das Projizieren von a', b', .., aus liefert schwarze, ein weißes Nadelbild umrahmende Punkte α, β, ... auf derselben Seite der Augenachse, auf welcher O' liegt; das weiße Nadelbild erscheint dann aufrecht. Es ist zu bemerken, daß der schwarze Punkt nicht zu klein sein darf, besonders dann nicht, wenn er über den Deutlichkeitspunkt hinausrückt. Bringt man auch die Nadelspitze O jenseits N an, doch diesseits des Schirmes S, so befindet sich auch O' vor der Netzhaut, zwischen derselben und S'; man erkennt leicht, daß dies an dem Aufrechtsehen der weißen Nadelspitze nichts ändert.

Drei Elektroskope einfacher Konstruktion.

Von **W. Weiler** in Eßlingen.

1. Ein Elektroskop mit Horizontalpendel.

Der Messingdraht M (Fig. 1) ist etwa 22 cm lang, 3 mm dick und trägt oben eine Messingkugel oder eine Messingplatte. Durch zwei Bohrlöcher in demselben ist der nach dem Bild gebogene Kupferdraht (Messing- oder verzinkter Eisendraht) von $1^1/_2$ mm Dicke gesteckt und eingenietet oder eingelötet. Dieser Draht muß mit seiner Schleife möglichst genau in derselben Ebene liegen. Durch die mit der Feile abgerundeten und später schellackierten Korke KK sind die austordierten Baumwollfäden FF gezogen und an den horizontal gerichteten Grashalm von 10 cm Länge geknüpft. Durch Verschieben der Korke und Auf- und Abziehen der Fäden bringt man den gut getrockneten Grashalm genau in die Mitte zwischen die Schleife. Die Empfindlichkeit des Apparates kann gesteigert werden, wenn man die Knüpfstellen am Grashalm zusammenrückt, die Baumwollfäden länger nimmt und durch Hanffasern ersetzt. Ein Glasschutz ist dann unentbehrlich. Den Messingdraht M kittet man mit Siegellack in eine Glasröhre und diese in das Grundbrett. Doch kann man auch den Messingdraht durch die Glasröhre hindurchführen, unten an denselben einen Seitendraht mit kleiner Messing- oder Kupferkugel anlöten und durch diesen Draht die Elektrizität zuführen. Das Grundbrett erhält dann 3 Stellschrauben, sodaß der Zuleitungsdraht frei schwebt. Um die Ablenkungen des Grashalmes sichtbarer zu machen, schlitzt man ihn am Ende auf und schiebt und kittet horizontal ein kleines Stück Seidenpapier ein.

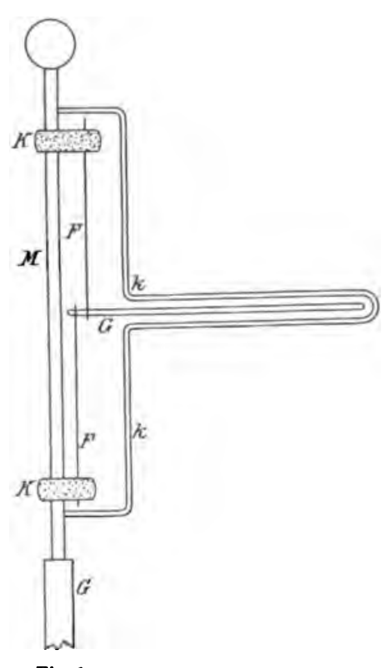


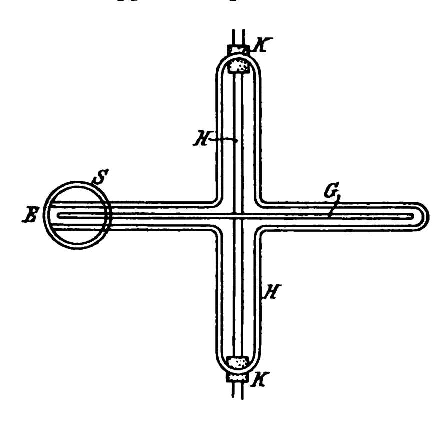
Fig. 1.

Befestigt man am untern Teil der Drahtschleife einen horizontalen Halbkreis aus dünnem Glimmer, dessen Teile mit Tusche sichtbar gemacht werden, so hat man ein sehr empfindliches Elektrometer.

Sehr empfindlich wird das Instrument, wenn man einen zweiten Draht parallel zu *M* isoliert aufstellt, darauf in der Höhe des Grashalmes unter Schaubenkopf drehbar einen dünnen Draht dem Grashalm annähernd parallel anbringt und diesem Draht die andere Elektrizität zuführt. Je nach der Stärke der nachzuweisenden Elektrizitäten stellt man diesen horizontalen Draht dem Grashalm mehr oder weniger nahe. Bei dieser Anordnung wirken Abstoßung und Anziehung zusammen, erzeugen also nahezu doppelte Empfindlichkeit.

2. Ein Elektroskop mit zwei Fäden.

Ein Kupferdraht von $1^1/_2$ mm Dicke ist nach der Fig. 2 in einer Ebene gebogen. Die Enden *E* des Drahtes sind umeinander geschlungen und verlötet. Das eine Ende ist abwärts gebogen und in eine Glasröhre *Gl* eingekittet, das andere Ende ist aufwärts gebogen und zur Kreisschleife *S* vollendet. Die zwei Seitenbiegungen sind um die Korke *K K* so geschlungen, daß diese in den Schlingen fest sitzen. Durch diese Korke werden zwei Hanffasern *H H* parallel und mit sehr feiner Nadel durch den Grashalm *G* gezogen und dort, wenn der Grashalm in der Mitte zwischen den Schleifen schwebt, mit Gummiarabikum festgekittet. Nähert man der Kreisschleife *S* einen elektrischen Körper, so weicht der Grashalm in vertikaler Ebene ab. Die Empfindlichkeit des Apparates wächst mit der Länge des Grashalms und mit der Feinheit, Nähe und Länge der Hanffasern. Will man das Umschlingen der Korke umgehen, so steckt man diese in Messingröhren und lötet an diese die Drähte an.



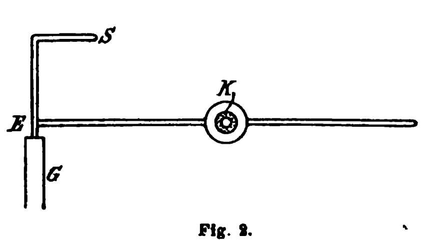


Fig. 2.

3. Ein Elektroskop mit zwei Zeigern.

Die Schleife *M* (Fig. 3) besteht aus Messingblech von $^1/_2$ mm Dicke und 5 bis 10 mm Breite; sie ist etwa 10 cm lang und in der Mitte durchbohrt. An die Enden ist der Messingdraht M_1 M_1 gelötet und dieser wie im vorigen Elektroskop um einen Kork *K* geschlungen. An M_1 M_1 ist ein Draht mit der Schleife *S* gelötet. In die untere Hälfte des Messingbügels *M* ist der um den Kork K_1 geschlungene Draht eingesteckt und eingelötet. Zwischen *K* und K_1 sind durch die Grashalme *G* und G_1 zwei parallele Hanffasern *H H* gezogen und gespannt oder auch nur ein austordierter dünner Baumwollfaden.

Legt und kittet man auf die obere Hälfte des Messingbügels eine mit Kreisteilung versehene dünne Glimmerplatte, so hat man ein sehr empfindliches Elektrometer.

Dieser Apparat hat Ähnlichkeit mit einem Galvanoskop und Galvanometer. Bei diesen wirkt Magnetismus, bei jenen statische Elektrizität.

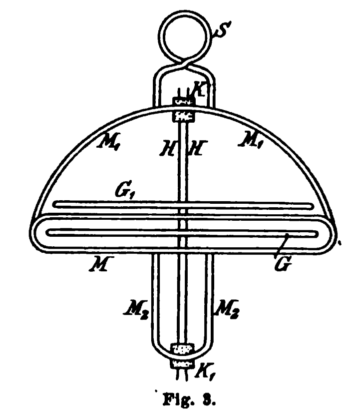
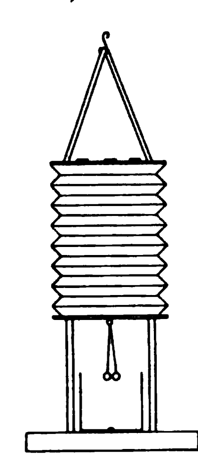


Fig. 3.

Versuche mit einfachen Mitteln.

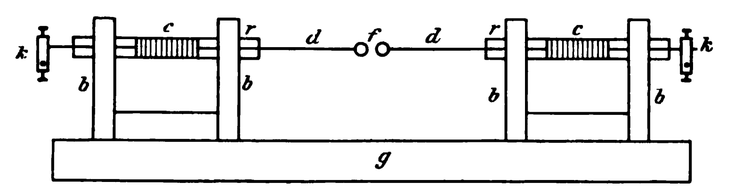
8. **Fr. Schütz** in Cuxhaven: **Papierlaterne zum Nachweis der Abhängigkeit der elektrischen Spannung von der Oberfläche.** Eine der bekannten zylindrischen Papierlaternen, die sich zusammenklappen lassen, wird mit ihrem Boden zur Versteifung auf ein Brettchen von entsprechender Kreisform geleimt. An dieser neuen Grundfläche befestigt man zwei Stangen aus Siegellack oder besser Glas als Isolierfüße, die wiederum auf einem Grundbrett stehen. An zwei diametrale Punkte der oberen Kreisringfläche knüpft man die Enden eines Zigarrenbandes und klemmt an den Rand der inneren Kreisfläche äquidistant drei Bleiblech-

stücke, deren Gewicht hinreichend ist, die Laterne zusammenzudrücken. Um das Divergieren des Pendels in der Ebene der Isolierfüße zu erzwingen, ist es gut, einen U-förmigen Leiter aus 2 cm breitem Blech zu schneiden und ihn zwischen den Füßen auf das Grundbrett zu schrauben. Derselbe reicht nur so hoch, daß die Kugeln des Pendels beim Divergieren nicht mehr dagegen schlagen können. Lädt man nun den Apparat mit der Elektrizität einer geriebenen Hartgummistange, so divergiert das Pendel. Zieht man dagegen die Laterne an dem Zigarrenbande nach oben auseinander, so wird die Divergenz geringer resp. gleich Null. Der Apparat eignet sich übrigens auch zur Projektion, indem er zwischen Kondensator und Objektiv der Projektionslaterne gestellt wird. Für diesen Fall ist zu empfehlen, die Abmessungen des Grundbretts den Gleitschienen des Projektionsapparates gleich anzupassen und unbedingt den U-förmigen Leiter zwischen den Füßen aufzustellen, da sonst die Kugeln des Pendels durch die Metallteile des Projektionsapparates meist parallel zur Achse desselben, statt senkrecht gerichtet werden.



9. W. Milewski in Stettin: **Demonstration der stehenden elektrischen Wellen auf Drähten.** Der nachstehend beschriebene Apparat, dessen Herstellung nur geringe Mühe erfordert, gestattet schon mit einem Funkeninduktor von 1 cm, ja sogar schon von 8 mm die bekannten Versuche vorzunehmen und eine kleine Geißler-Röhre schön zum Leuchten zu bringen.

Zwei dünnwandige Glasröhren *r* von 10 cm Länge und 6 mm äußeren Durchmessers werden zu Röhrenkondensatoren ausgebildet. Zu diesem Zwecke bewickelt man etwa 1,5 mm starke Messing- oder Kupferdrähte *d* von je 17 cm Länge mit einem je 3 cm breiten Stanniolstreifen, welcher die innere 3 cm breite Belegung der Röhren bilden soll in der Stärke, daß der Draht mit der Bewickelung in die Röhre hineingeschoben werden kann. Die Drähte werden auf beiden Enden der Glasröhren mit Siegellack festgekittet, damit eine Verschiebung der inneren Belegungen, welche in der Mitte der Röhren angeordnet werden, nicht stattfinden kann. Auf die kürzeren etwa 1 cm aus den Röhren herausragenden Drahtenden werden kleine Drahtklemmen *k* zur Aufnahme der zum Induktorium führenden Drähte angebracht. Die längeren etwa 6 cm herausragenden Enden, welche einander zugekehrt sind, versieht man mit kleinen Bleikugeln, wobei Rehposten gute Dienste tun. Nun wird die äußere Belegung *c* von Stanniol in 3 cm Breite um die Röhren festgeklebt. Die beiden Röhren werden durch die 6 mm weiten Bohrungen der kleinen Böcke *b* hindurchgeschoben und letztere auf ein Grundbrett *g* festgeschraubt. Die Funkenstrecke *f* reguliert man durch Verschieben der Glasröhren.



Das Befestigen der 3,5 m langen, 0,8 mm starken Drähte an den Apparat wird in der Weise bewerkstelligt, daß man die Enden dieser Drähte zu länglichen Schleifen zusammendreht, aus diesen Haken bildet und über den äußeren Belegungen an die Glasröhren anhakt. Die Befestigung der entgegengesetzten Enden der Drähte geschieht in derselben Weise über einer gemeinschaftlichen etwa 30 cm langen und 8 mm starken Glasröhre, welche ähnlich wie die Röhrenkondensatoren montiert werden kann.

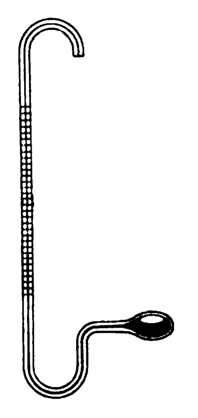
Mit dieser einfachen Vorrichtung kann man auf der angegebenen Drahtlänge zwei Knotenpunkte durch Verschieben des Drahtbügels nachweisen, wobei das Leuchten der am Ende der Drähte in bekannter Weise befestigten Geißlerschen Röhren gut sichtbar wird.

Auch als Sender für Funkentelegraphie kann diese Vorrichtung auf kurze Entfernungen benutzt werden. Die Wirkung wird durch Anbringen von Senderdrähten an die äußeren Belegungen der Kondensatoren verstärkt.

Berichte.

1. *Apparate und Versuche.*

Das Mundbarometer. Von P. Grützner (*Ann. d. Physik 9, 238; 1902;* vergl. auch *Mitteilungen d. Deutsch. u. Österr. Alpen-Ver. 1895, S. 157*). Der Apparat schließt sich im Prinzip an die in dieser Zeitschrift (*XIV, 95* und *353*) beschriebenen Luftbarometer an. Er besteht aus einer flachen, hohlen Glaskugel (s. Figur), in die ein beiderseits offenes, zuerst gekrümmtes, dann gerades Glasrohr einmündet. In der Kugel wird durch gefärbtes Paraffinöl ein kleines Luftvolumen abgeschlossen. Bringt man die kleine Glaskugel unter die Zunge, so dehnt sich das Luftvolumen aus und treibt die Flüssigkeit in dem aufwärts gekrümmten Glasrohr nach oben. Mit Hilfe eines kleinen Bleipendels kann dieses genau senkrecht gestellt werden. Da die Temperatur unter der Zunge ziemlich konstant etwa 36,7° beträgt, so ist die Höhe, bis zu der die Flüssigkeit steigt, nur von dem Luftdruck abhängig. Die Steighöhe kann mit einem Handspiegel leicht abgelesen werden; zu dem Zwecke trägt das kalibrierte Rohr Zahlen in Spiegelschrift. Der Verf. gibt eine Reihe von Beobachtungen, die bei verschiedenem Wetter und in verschiedenen Höhen im Sommer 1901 mit dem Mundbarometer und gleichzeitig mit einem guten Aneroid gemacht wurden; 0.74 mm des Mundbarometers entsprachen etwa 1 mm des Quecksilberbarometers. Abgesehen von kleinen, durch gelegentliche zu hohe oder zu geringe Werte der Zungentemperatur (nach besonders starker Erhitzung oder Abkühlung) veranlaßten Unregelmäßigkeiten, folgte das Mundbarometer durchaus dem Steigen und Fallen des Aneroids, sodaß es zwar kein Präzisionsinstrument, aber immerhin einen durchaus brauchbaren und sehr bequem zu benutzenden Apparat darstellt. Das Instrument ist durch Herrn Universitätsmechaniker Albrecht in Tübingen zu beziehen. *Schk.*



Vakuumthermoelemente als Strahlungsmesser. Von P. Lebedew (*Ann. d. Physik, 9, 209; 1902*). Bereits 1895 hatte der Verf. darauf hingewiesen, daß ein Thermoelement im Vakuum eine wesentlich höhere Empfindlichkeit haben muß, als in Luft, was auf die von Kundt und Warburg beobachtete Verminderung der Abkühlungsgeschwindigkeit zurückzuführen ist. Die großen praktischen Vorteile der Vakuumthermoelemente veranlaßten den Verf. zu einer genaueren Bestimmung ihrer Empfindlichkeit. Die aus Platin-Konstantandrähten hergestellten Thermoelemente wurden in Glasgefäße, die mit einer Luftpumpe verbunden waren, eingeschlossen und sowohl zur Messung von direkter Strahlung als zur Messung elektrischer Schwingungen (in einer, der Klemenčičschen ähnlichen Anordnung) benutzt. Es ergab sich, daß die Empfindlichkeit von 1 Atm. bis zu etwa 5 mm Druck unverändert blieb. Für geringere Drucke steigt die Empfindlichkeit mit der Verdünnung bis zu 0,01 mm; sie erreicht hier das Siebenfache für geschwärzte, das Fünfundzwanzigfache für blanke Thermoelemente. Bei Verdünnungen unter 0,01 mm steigt die Empfindlichkeit nur noch wenig, sodaß eine höhere Evakuierung keinen Zweck hat. *Schk.*

Neue Formen elektrolytischer Apparate. In den „Unterrichtsblättern für Math. und Naturw.“ (*IX No. 1 S. 12, 1903*) macht E. Grimsehl nähere Mitteilungen über neue Apparate und Versuchsanordnungen, die bereits der Jahresversammlung in Düsseldorf (*diese Zeitschr. XV 314*) vorgeführt wurden. Die dort beschriebenen neuen Formen des Zersetzungsapparates zeigen gegenüber der Hofmannschen Einrichtung einige wesentliche Verbesserungen, insbesondere gestatten sie die entwickelten Gase leicht aufzufangen, auch sind sie für die Verwendung von Starkstrom geeignet. Der Hauptunterschied besteht darin, daß hier die Stromzuführung von oben geschieht und daß zwei getrennte glockenförmige Elektrodengefäße angewandt werden.

Die erste Form der Elektrodenglocken besteht aus einem 2 cm weiten Glasrohr, an das an das obere Ende ein 2 mm weites Glasrohr in geradliniger Verlängerung angeschmolzen ist (Fig. 1). Außerdem hat es am oberen Ende des weiten Teils noch einen seitlichen, 6 mm weiten Glasrohransatz, der als Gasentbindungsrohr dient. In das Rohr reicht von oben her ein 15 × 50 mm großes Platinblech, das mit Gold an einen Platindraht gelötet ist. Der Platindraht ist etwa in der Mitte des engen Verlängerungsrohres mit Silber an einen 1,5 mm dicken Kupferdraht gelötet, der oben aus dem engen Rohr herausragt und nun mittels einer Drahtklemme mit der Stromquelle verbunden werden kann. Der luftdichte Abschluß an der Einführungsstelle des Kupferdrahtes wird durch einen übergestreiften engen Gummischlauch erreicht. Ein zweites ähnliches, für die Chlorentwicklung dienendes Glasrohr (Fig. 2) von derselben Weite mit einmal rechtwinklig gebogenem seitlichem Ansatzrohr hat keine enge Verlängerung am oberen Ende. Vielmehr ist eine Kohlenelektrode (ein Lichtkohlestab) mittels eines Gummistopfens luftdicht in das Rohr eingesetzt. Zum vollständigen elektrolytischen Apparat gehören zwei Platin- und eine Kohlenelektrodenglocke. Bei der Elektrolyse werden die beiden Glocken in ein mit dem Elektrolyten gefülltes Standgefäß so hineingestellt, daß die seitlichen Entbindungsröhren mit ihren horizontalen Teilen auf dem oberen Rande des Gefäßes aufliegen. Bei der Elektrolyse chlorfreier Verbindungen benutzt man die beiden Platinelektroden, bei chlorhaltigen Verbindungen als Anode die Kohlenelektrode und als Kathode eine der Platinelektroden. Die an letzterer entwickelten Gase werden in einer pneumatischen Wanne aufgefangen, während das an der Kohlenelektrode entwickelte Chlor in einem offenen aufrechtstehenden Zylinder direkt aufgefangen wird. Der ganze Apparat kann nach Gebrauch leicht auseinander genommen und gereinigt werden.

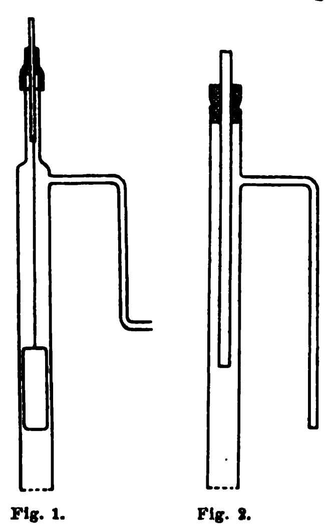


Fig. 1. Fig. 2.

Eine zweite Form des Apparates kann man dadurch aus der ersten entstanden denken, daß an Stelle eines besonderen Elektrolytgefäßes die beiden Elektrodenglocken unten durch ein U-Rohr verbunden sind. — Für größere Stromstärken und für die Entwicklung größerer Gasmengen dient die folgende Form (Fig. 3). Zwei Elektrodenglocken *G* von 5 cm Weite sind unten schräg abgeschnitten und jede mit einem seitlichen Ansatz *R* von 6 mm Weite versehen. Als Elektrolytgefäß kann ein Akkumulatorenglas *E* (von etwa 7 × 12 × 15 cm Größe) dienen. Die Elektroden *B* sind 6 mm dicke Bleidrähte, die durch Gummistopfen hindurch in den Hals der Glocken eingeführt werden (für Chlorentwicklung dagegen werden Kohlenelektroden angewendet); an die herausragenden Enden der Bleidrähte sind Messinglappen angelötet, die durch passende Polklemmen entweder direkt mit der Stromquelle verbunden werden, oder bei Anwendung mehrerer Zellen zu einer Batterie, paarweise durch kleine Mutterschrauben zusammengehalten werden. Um mit einem mit Kohleelektroden versehenen Apparat eine Elektrolyse von Kochsalzlösung vorzunehmen, wurde der Strom der elektrischen Zentrale eingeschaltet und durch vorgeschalteten Widerstand bis auf 20 Ampere gebracht (hierbei tritt noch keine schädliche Erwärmung ein). Die Gasentwicklung ist lebhaft und ein kleiner Zylinder von 100 ccm wird in kaum einer halben Minute mit Chlor gefüllt (da man zu den eigentlichen Demonstrationsversuchen mit Chlor zweckmäßig größere Gefäße verwendet, würde also ein Zylinder von 1 Liter Inhalt in etwa 5 Min. gefüllt werden). Beim Unterbrechen hört auch die Chlorentwicklung auf,

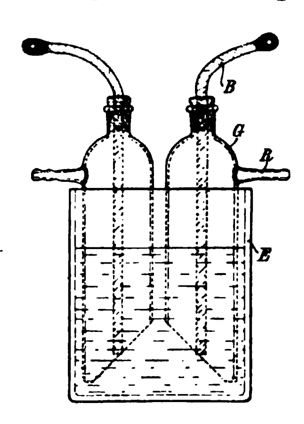


Fig. 3.

sodaß man mit einem Handgriffe die Gasentwicklung einleiten oder unterbrechen kann. Leitet man z. B. den Chlorstrom durch ein Glasrohr mit Natrium und erhitzt letzteres, so erhält man eine gleichmäßige, regulierbare, auch zu spektroskopischen Versuchen geeignete Natriumflamme und als Produkt weißes Kochsalz, das sich fast ohne Rückstand in Wasser auflöst.

Die beschriebenen Zellen können auch zu einer Art Batterie vereinigt werden, und Verfasser führte eine Wasserzersetzung in größerem Maßstabe aus. Zweimal fünf Zellen wurden auf einem gemeinsamen Grundbrett zusammengestellt und so verbunden, daß der Strom alle 10 Zellen in Serie geschaltet durchläuft (s. Fig. 4). Man vermeidet auf diese Weise das Einschalten toter Widerstände, das man bei Verwendung nur einer Zelle nötig hat, und erhält bei Anschluß an einen 110-voltigen Starkstrom eine Stromstärke von 20 Ampere, mit der man den Apparat eine halbe Stunde betreiben kann, ohne daß die Erwärmung des Elektrolyten eine schädliche Höhe erreicht. In jeder einzelnen Zelle erfolgt die Entwicklung von Wasserstoff und Sauerstoff, und die einzelnen, von den Anoden abgehenden Gasentbindungsröhren münden in ein gemeinsames Sammelrohr, desgleichen die von den Kathoden abgehenden, sodaß die Zellen als chemische Quellen gewissermaßen parallel geschaltet sind. An Knallgas wird auf diese Weise die beträchtliche Menge von ungefähr zwei Litern pro Minute entwickelt und dies gestattet den unmittelbaren Betrieb eines Knallgasgebläses mit seinen weiteren üblichen Demonstrationen (Kalklicht, Platinschmelzen u. s. w.). Die sehr starke Ozonentwicklung erlaubt nicht, Gummischläuche zur Verbindung zu verwenden, da diese bald in mürbe Stückchen zerfallen. Als Ersatzmittel bewährten sich dünne Bleirohre, die sich ebenso gut wie Gummischläuche biegen lassen. Die beschriebenen Apparatformen sind eine willkommene Bereicherung der chemischen Sammlung und sind besonders für diejenigen Laboratorien zu empfehlen, welche Anschluß an eine elektrische Zentrale haben. (*Unterrichtsbl. f. Math. u. Nat. IX S. 12, 1903.*) *O.*

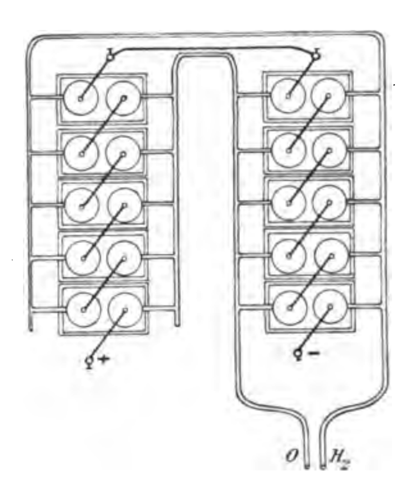
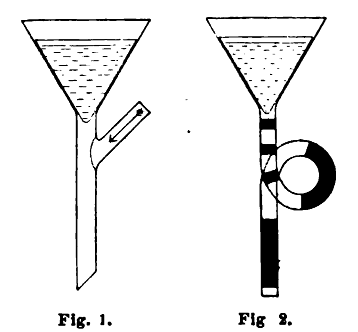


Fig. 4.

Schnell-Trichter. Von Szamatolski (*Chem.-Ztg. 25, 79; 1901*). Man legt in den Trichter (Fig. 1) ein glattes Filter, gießt die Flüssigkeit ein, verbindet das kleine Ansatzrohr durch einen Gummischlauch mit der Wasserleitung. Es bildet sich unterhalb des Filters ein luftverdünnter Raum, sodaß der äußere Luftdruck die Filtrierung beschleunigt. Den gleichen Zweck erreicht man (*Deutsche Mech.-Ztg. 1891, S. 88*) mit Trichtern, deren ziemlich langes und enges Abflußrohr zu einer einfachen Schleife gebogen ist (Fig. 2). Letztere vereinigt die Filtrattropfen zu einem zusammenhängenden Flüssigkeitsfaden, der eine saugende Wirkung ausübt. *H.-M.*


Fig. 1. Fig. 2.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Kilogramm-Masse und Kilogramm-Gewicht. Im *Prometheus No. 697* weist O. Dziobek darauf hin, daß die noch immer herrschende Verwirrung dieser Begriffe dadurch gesteigert worden sei, daß im deutschen Reichsgesetz vom 26. April 1893 bestimmt worden ist: „Das Kilogramm ist die Einheit des Gewichtes“. Auch in Thomson-Taits Handbuch der theoretischen Physik (Deutsch von H. Helmholtz und G. Wertheim) ist unzutreffender Weise gesagt „In

der Tat sind Gewichte Massen, nicht Kräfte", denn wenn auch im gewöhnlichen Leben Gewichtsangaben der Regel nach nur zur Bezeichnung der Massen dienen, so bleibt doch das Gewicht, d. i. der Druck auf die Unterlage, ein von der Masse bestimmt unterschiedener Begriff, der nicht durch eine einfache Gleichsetzung beider Bezeichnungen aufgehoben werden darf. Dem gegenüber ist es als ein Fortschritt zu begrüßen, daß die Generalversammlung der Vertreter des internationalen Maß- und Gewichtswesens zu Sèvres bei Paris im Oktober 1901 die folgende Erklärung angenommen hat (nach E. Guillaume, La convention du mètre et le Bureau international des Poids et Mesures, Paris 1902):

„La convention déclare: 1. Le kilogramme est l'unité de masse; il est égal à la masse du prototype international du kilogramme.

2. Le terme poids désigne une grandeur de la même nature qu'une force; le poids d'un corps est le produit de la masse de ce corps par l'accélération de la pesanteur; en particulier le poids normal d'un corps est le produit de la masse de ce corps par l'accélération normale de la pesanteur.

3. Le nombre adopté dans le Service international des Poids et Mesures pour la valeur de l'accélération normale de la pesanteur est 980,665 cm/sec², nombre sanctionné déjà par quelques législations."

Es ist zu erwarten, daß auch an anderen maßgebenden Stellen diese Erklärung Zustimmung findet und daß dann endlich die Sache auch in Deutschland ihre korrekte gesetzliche Regelung erfahren wird. Zu beanstanden wäre allerdings, daß in No. 2 das Gewicht durch das Produkt von Masse und Beschleunigung definiert wird. Die Gleichung $p = mg$ ist aber keine Definitionsgleichung, sondern sagt aus, daß der Druck eines Körpers auf die horizontale Unterlage durch dieselbe Maßzahl dargestellt wird wie das Produkt aus der Masse des Körpers und seiner Fallbeschleunigung. Die Gewichtseinheit wäre vielmehr zu definieren als der Druck eines Körpers auf seine horizontale Unterlage, wenn seine Masse gleich der Masseneinheit ist und die Fallbeschleunigung an der Stelle, wo er sich befindet, die Größe 980,665 cm/sec² hat. — Im Einklang mit den Festsetzungen des internationalen Büreaus hat auch der wissenschaftliche Ausschuß der deutschen physikalischen Gesellschaft auf der Naturforscher-Versammlung zu Karlsbad 1902 neben einer Reihe von Vorschlägen für die Bezeichnung physikalischer Größen sich auch über die folgenden Festsetzungen geeinigt: „Das Wort ‚Gewicht' ist stets im Sinne einer Kraft zu verstehen. Unter mg, g, kg sind stets Massen zu verstehen, falls nicht das Wort ‚Gewicht' hinzugesetzt wird." (*Verhandl. d. D. physik. Gesellsch. 1903, No. 3*). *P.*

Strahlung des Wasserstoffsuperoxyds. Eine eigentümliche Einwirkung einzelner Metalle und organischer Körper auf photographische Platten hatte J. W. Russel beobachtet und auf die Entstehung von Wasserstoffsuperoxyd H_2O_2 zurückgeführt, das bereits in geringen Mengen die photographische Platte schwärzt (vergl. *ds. Zeitschr. XIII 40*). Die Wirkung geht durch verschiedene feste und flüssige Körper, wie Gelatine, Guttapercha, Kampfer, Äther, Benzin, Petroleum u. s. w. hindurch. Doch hielt Russel die Erscheinung für keine eigentliche Strahlung, sondern entstanden durch fortgesetzte Neubildung von H_2O_2. Grätz, der die Versuche wiederholte, fand, daß die Wirkung auch durch dünne Metallplatten hindurchgeht und deshalb doch kaum durch Dämpfe von H_2O_2 veranlaßt sein kann. (*Ann. d. Physik 9, 1100, 1902*; *Phys. Ztschr. 4, 160 und 271*; *1903*). Ferner erhielt er die Wirkung auch dann, wenn er die Dämpfe durch einen kräftigen Luftstrom abblies. Die Wirkung ist geradlinig, da man von undurchdringlichen Gegenständen scharfe Bilder erhält. Besonders eigentümlich ist eine Erscheinung, die Grätz „Rückabbildung" nennt. Bringt man die photographische Platte, mit der Schichtseite nach unten, in einem Abstande von einigen Centimetern über das flüssige H_2O_2 und legt auf die Glasseite ein beliebig geformtes Metallstück, so erscheint dieses nach der Entwickelung auf der Platte hell auf dunklem Grunde abgebildet. Die Vermutung, daß es sich hierbei um die Wirkung einer in dem Raum über der Platte unter der Einwirkung des H_2O_2 entstandenen Emanation handelt, wurde dadurch widerlegt, daß 1. die Wirkung des H_2O_2 durch Glas nicht hindurchgeht, 2. die Rückabbildung

nicht eintritt, wenn die photographische Platte fest auf die Ränder des das H_2O_2 enthaltenden Gefäßes gelegt wird, sodaß keine Teilchen sich nach außen verbreiten können. Die Rückabbildung hört auch nicht auf, wenn man zwischen das Glas und das Metall andere Körper, wie Papier, Holz, Ebonit, Asbest in dünnen Schichten zwischenlegt; ja die Rückstrahlung wird sogar deutlicher, wenn das Papier mit Wasser, Alkohol, Petroleum, Salzlösungen u. s. w. getränkt ist. Der Verf. hat eine Reihe von Versuchen angestellt, aus denen hervorgeht, daß die Rückabbildung besonders deutlich ist, wenn zwischen dem Metall und der Flüssigkeit ein chemischer Prozeß stattfindet; es ist also eine Art Fernwirkung chemischer Prozesse, die sich durch das Glas der Platte hindurch bemerklich macht. Die Temperatur hat einen erheblichen Einfluß auf die Wirkung; diese fällt verschieden aus, wenn man ein Metallgefäß mit erwärmtem Wasser oder mit Eis auf die Platte legt. Es scheinen also ganz minimale Temperaturunterschiede zwischen einzelnen Stellen der Schicht zu sein, die die Wirkung hervorbringen, sodaß man von „Thermophotographien“ sprechen könnte.

Das angewandte Wasserstoffsuperoxyd war die käufliche Lösung, die 3 % H_2O_2 enthält. Von photographischen Platten eigneten sich die Platten der Gesellschaft für Anilinfabrikation am besten für die Versuche. Fluoreszenz- und Entladungswirkungen konnten nicht bemerkt werden. Das H_2O_2 scheint also eine Art von Strahlen auszusenden, die durchaus verschieden sein müssen von den Strahlen der radioaktiven Substanzen. *Schk.*

Becquerelstrahlen. Die radioaktiven Eigenschaften der Luft wurden von Elster und Geitel auch in quantitativer Hinsicht genauer untersucht (*Phys. Zeitschr. 4, 96, 97, 138; 1902*). Sie bauten zu dem Zwecke einen leicht transportablen Apparat, der eine Trockensäule nebst Elektroskop für hohe Spannung, ferner einen Drahtnetzzylinder mit aufgewickeltem Draht von 20 m Länge und isoliertem Drahthalter, endlich ein Zerstreuungselektrometer mit rings geschlossenem Schutzzylinder enthielt. Der auf hohe Spannung geladene Draht wird durch die Luft radioaktiv; die Größe der Aktivität wird durch die von dem Draht bewirkte Potentialerniedrigung gemessen. Die von 1 m Draht in 1 Stunde bewirkte Potentialerniedrigung bildet die „Aktivierungszahl“ A in Volt. Diese Zahl A war in einem Brunnenschacht 2800, in der Baumannshöhle 1800, in verschiedenen Kellern 200—400, im Physiksal 14, im Freien im Mittel 20 u. s. w.; ein frei über den Erdboden gespannter Draht gab $A = 2{,}5$. Die Beobachtungen Sellas, wonach auch positiv geladene Leiter in der Luft radioaktiv werden (*d. Zeitschr. XV 362*) konnten die Verff. bestätigen; doch war die Wirkung ungefähr 30 mal schwächer und im Freien gar nicht zu beobachten.

Ähnliche Beobachtungen wie Elster und Geitel machten H. Ebert und P. Ewers über die radioaktiven Eigenschaften der Bodenluft in München (a. a. O. *S. 162*). Sie stellten dabei fest, daß, wenn der Luft durch ein starkes elektrisches Feld alle Ionen genommen waren, sie die aktivierende Wirkung doch noch beibehielt. Daraus muß gefolgert werden, daß die Luft eine Emanation enthalten muß, die an sich elektrisch neutral, in einer ruhenden Gasmasse Elektronen erzeugt, ganz ähnlich der von Rutherford gefundenen Emanation des Thors und Radiums. Durch Erhitzen wird diese Emanation wohl vermindert, aber nicht zerstört. Die von der Luft erregte Wirkung nimmt viel langsamer ab als die von andern Körpern induzierte Radioaktivität. Dies wurde von Rutherford und Allen zahlenmäßig bestätigt, indem z. B. die Luftwirkung in 45 Minuten, die entsprechende Wirkung des Thors erst in 11 Stunden auf den halben Betrag herabging (*Phil. Mag. VIth Ser. Vol. 4, 704; 1902*). Auch das Durchdringungsvermögen der von Luft erregten Strahlung ist viel größer als das irgend einer anderen. Im Freien fanden die Verff. bei klarer, bewegter Luft größere Wirkungen als bei bewölkter, ruhiger. Wie unten noch weiter ausgeführt wird, nimmt Rutherford in den radioaktiven Körpern die Bildung positiver Träger an, die sich auf den negativ geladenen Leitern niederschlagen. Da der Erdboden stets negative Ladung enthält, werden sich die positiven Träger der Luft fortwährend auf der Erde, besonders auf Hügeln und Bergspitzen niederschlagen; der so radioaktiv gewordene Boden wird dann umgekehrt wieder freie Ionen in der Luft bilden, die auch in der Tat (15 pro ccm) nachgewiesen werden konnten.

Besonderes Interesse gewähren die Versuche über Radioaktivität der Luft, welche Mc. Lennan am Fuße des Niagarafalls anstellte (*Phys. Zeitschr. 4, 295; 1903*). Hier sind ohnehin schon besondere elektrische Verhältnisse vorhanden, da die feinen Gischttropfen beim Aufprallen auf die Felsen der Luft negative, dem Wasser positive Ladungen geben. Um einen Vergleich zu haben, wurde die Luft zunächst in Toronto geprüft, indem ein Draht an verschiedenen Tagen je 2 Stunden lang auf 8000—10000 Volt geladen der Luft ausgesetzt und der von ihm erzeugte Sättigungsstrom in einer Ionisierungskammer gemessen wurde. Dann wurde in dem Raume am Fuß der Bergbahn des Niagara der Versuchsdraht in drei Strecken von je 30 m durch ein Fenster hindurch in den Gischt hineingehängt. Da der Draht durch den Gischt selbst bis auf 7500 Volt geladen wurde, war eine Benutzung der Elektrisiermaschine zur Ladung unnötig. Als Resultat ergab sich eine verhältnismäßig sehr geringe Radioaktivität am Niagara; sie war in Toronto durchschnittlich 6 — 7 mal so groß. Eine Radioaktivität des Wasserschaums konnte nicht beobachtet werden.

Was oben von der Emanation der Luft gesagt wurde, gilt auch von den Emanationen des Thors und Radiums. Die Fähigkeit, solche auszusenden, nimmt, wie Rutherford und Soddy in Fortsetzung ihrer früheren Untersuchungen (*ds. Zeitschr. XV 364*) fanden, bei Erwärmung zunächst zu, ist bei großer Erhitzung aber nur noch sehr gering und kann dann durch chemische Umsetzung wieder hergestellt werden (*Phil. Mag. VI S. V. 4. 569* (*1902*). *Naturw. Rundschau XVIII 29. 111* (*1903*)). Bei der Temperatur der flüssigen Luft war die Emanation ganz verschwunden, trat aber bei Erwärmung wieder auf. Die Verff. halten die Emanation für ein besonderes, chemisch träges Gas der Argongruppe, das sich bei so tiefer Temperatur kondensiert; der Verflüchtigungspunkt wurde für die Radiumemanation zu — 130°, für die Emanation des Thors zu — 125° bestimmt. Die Emanation induziert oder, wie Rutherford lieber sagen will, erregt an der Oberfläche anderer Körper durch Niederschlag radioaktiver Materie sekundäre Radioaktivität (*Phil. Mag. V. 5 S. 95, 177*; *Phys. Zeitschr. 4, 235; 1903*). Das geschieht nach des Verf. Meinung in der Weise, daß die Teilchen der Emanation einen negativ geladenen Körper abscheiden und dadurch mit einer positiven Ladung zurückbleiben, die dann im elektrischen Felde zu der Kathode tritt. Die so entstehenden positiven Träger bewegen sich mit derselben Geschwindigkeit wie die durch Röntgenstrahlen erzeugten positiven Ionen. Zu der Annahme positiver Elektronen wurde der Verf. auch noch durch andere Versuche geführt. Er hatte bereits früher die von den radioaktiven Körpern ausgehenden Strahlen in zwei besondere Gruppen geteilt: Die leicht absorbierbaren α-Strahlen und die durchdringenderen β-Strahlen (*ds. Zeitschr. XII 298*). Außer diesen nimmt er jetzt noch eine dritte Gruppe, die noch durchdringenderen γ-Strahlen an. Die drei Gruppen werden dadurch charakterisiert, daß, um die Intensität der Strahlen auf die Hälfte zu reduzieren, bei den α-Strahlen ein Aluminiumblatt von 0,0005 cm, bei den β-Strahlen ein solches von 0,05 cm, bei den γ-Strahlen eins von 8 cm Dicke eingeschaltet werden muß. Schon frühere Versuche hatten gezeigt, daß die β-Strahlen vollständig den Kathodenstrahlen gleichen und aus heftig fortgeschleuderten negativen Teilchen bestehen. Als solche werden sie natürlich im magnetischen und elektrischen Felde deutlich abgelenkt. Der Nachweis einer Ablenkbarkeit der α-Strahlen begegnete großen Schwierigkeiten und gelang auch erst, als der Verf. ein Radiumpräparat von der Aktivität 19000 und ein Magnetfeld von 8400 Einheiten anwandte. Die Strahlen traten durch eine Reihe enger, paralleler Spalte und durch ein Aluminiumblatt von 0,00034 cm Dicke in das Versuchsgefäß, in dem die von den Strahlen bewirkte Ionisierung mit einem Goldblattelektroskop gemessen wurde. Das Magnetfeld war parallel zur Ebene der Spalte. Um eine Wirkung der Emanation auszuschalten, wurde ein kontinuierlicher Wasserstoffstrom aus dem Versuchsgefäß durch die poröse Aluminiumplatte hindurch nach den Spalten hin geleitet. Wasserstoff ist für die α-Strahlen durchlässiger als Luft und war daher für die Fortführung der Emanation besonders geeignet. Mit dieser Methode gelang es dann in der Tat, bei Benutzung jenes stärksten Feldes die α-Strahlen vollständig abzulenken. Hierbei wurde festgestellt, daß die Ablenkung entgegengesetzt ist der Ablenkung der Kathodenstrahlen. Daraus muß man schließen,

daß die α-Strahlen aus positiv geladenen Teilchen bestehen. Mit einer ähnlichen Methode wurde auch die elektrostatische Ablenkung der α-Strahlen nachgewiesen, doch ließ sich die Richtung der Ablenkung hierbei nicht feststellen.

Wie schon aus der Schwierigkeit der Versuche hervorgeht, ist die absolute Größe der Ablenkung der α-Strahlen im Magnetfelde verglichen mit der Ablenkung der Kathodenstrahlen gering. — Während die senkrecht zu einem Magnetfelde von 10000 C.G.S. eintretenden Kathodenstrahlen einen Bogen von 0,01 cm Radius beschreiben, beschreiben die α-Strahlen einen Bogen von 39 cm Radius. Ihre Geschwindigkeit beträgt hiernach annähernd $2{,}5 \cdot 10^9$ cm/Sek., das Verhältnis der Ladung zur Masse ist $6 \cdot 10^3$. Die positive Ladung macht die α-Strahlen den Goldsteinschen Kanalstrahlen ähnlich, doch ist die Geschwindigkeit der ersteren erheblich größer.

Uran- und Thorrückstände, die vollständig von dem Ur-X und Th-X befreit waren, zeigten nur noch α-Strahlen (vergl. *ds. Zeitschr. XV 366*). Der Verf. glaubt, daß die Aussendung der α- und β-Strahlen ganz unabhängig von einander erfolgt, daß die β-Strahlen nur ein sekundäres Phänomen sind, während die α-Strahlen in den Veränderungen der radioaktiven Materie die Hauptrolle spielen. Die Fähigkeit dieser Körper, relativ große Massen mit enormen Geschwindigkeiten auszusenden, deutet darauf hin, daß die Atome rasch rotierende oder oszillierende Systeme von schwer geladenen, gegenüber den Elektronen großen Körpern bilden. Aus der projektivischen Eigenschaft der Strahlen würde ein Gewichtsverlust der radioaktiven Körper folgen. Einen solchen glaubt Heydweiller in der Tat nachweisen zu können (*Phys. Zeitschr. 4, 81; 1902*). Eine in ein Glasröhrchen eingeschlossene Menge radioaktiver Substanz von de Haën zeigte innerhalb mehrerer Wochen eine Gewichtsabnahme von fast $1/2$ mg, etwa 0,02 mg in 24 Stunden. So lange nicht feststeht, ob nicht etwa eine durch die Strahlen veranlaßte chemische Veränderung in dem Glase mit der Gewichtsabnahme zusammenhängt, wird man wohl die von Heydweiller gezogenen Schlüsse über Umwandlung von Gravitationsenergie in Radioenergie noch in Zweifel ziehen dürfen.

Viel sicherer als diese Versuche über Gewichtsverluste erscheinen Beobachtungen von Curie und Laborde über eine bei den Radiumsalzen auftretende Wärmeentwickelung (*C. R. CXXXVI 673: 1903*). Ein Thermoelement von Eisen-Konstantan wurde mit der einen Lötstelle in radiumhaltiges, mit der anderen in reines Chlorbaryum von gleichem Gewicht (1 g) gebracht und zeigte bei ersterem eine um 1,5° höhere Temperatur an. Brachte man zur Kontrolle beide Lötstellen in radiumfreies Chlorbaryum, so betrug die Temperaturdifferenz nur $1/100$ Grad. Zur Ermittelung der erzeugten Wärmemenge wurde dieselbe sowohl mit der von einem elektrischen Strom von bekannter Stärke erzeugten Wärme verglichen, als auch direkt mit dem Bunsenschen Kalorimeter gemessen. Es ergab sich, daß 1 g Radium eine Wärmemenge entwickelt, die eine Größenordnung von 100 Kalorien pro Stunde besitzt. Nimmt man das Atomgewicht des Radiums zu 225, so entwickelt 1 Grammatom Radium in 1 Stunde 22500 Kal., eine Zahl, die der von 1 Grammatom Wasserstoff bei der Verbrennung in Sauerstoff entwickelten Wärmemenge vergleichbar ist. Die in dem Radium freiwerdende Wärme spricht für eine kontinuierliche Umwandlung des Radiumatoms.

Während Rutherford bei seinen Untersuchungen durchweg mit der elektrischen Methode arbeitete, wandte Becquerel die von ihm besonders ausgebildete photographische Methode zur Nachprüfung der Rutherfordschen Ergebnisse an, die er durchaus bestätigt fand (*C. R. CXXXVI 199* und *431: 1903*). Die aktive Substanz befand sich in der Rinne eines Bleiklotzes; darüber in etwa 1 cm Entfernung befand sich ein Metallschirm mit einem parallel zu jener Rinne liegenden Spalt, über diesem wieder in 1—2 cm Entfernung eine nicht umhüllte photographische Platte. Das Ganze stand in einem magnetischen Felde, dessen Kraftlinien dem Spalt parallel waren. Wurde das Feld zuerst in der einen, dann in der andern Richtung erregt, so beobachtete man den Eindruck der Strahlenlinien auf der photographischen Platte an zwei von einander getrennten Stellen. Wurde das

Magnetfeld zuerst sehr schwach gewählt, so wurden die α-Strahlen des Präparats noch nicht merklich abgelenkt, während die den Kathodenstrahlen entsprechenden β-Strahlen einen deutlichen Eindruck auf der einen Seite der Platte veranlaßten. Dieses Bild wurde nur auf der einen Hälfte der Platte erzeugt, während die andere Hälfte noch mit einem Metallschirm bedeckt war. Sodann wurde der Metallschirm auf die vorher exponierte Hälfte gelegt und gleichzeitig ein sehr starkes Feld (über 10000 Einheiten) erregt. Jetzt erreichten die abgelenkten Kathodenstrahlen die Platte nicht mehr, und der darauf erhaltene Eindruck bildete einen Streifen, der sich von der vorher entstandenen Linie der α-Strahlen nach der dem Bilde des ersten β-Strahlenbündels entgegengesetzten Seite entfernte. Die Existenz und Richtung der Ablenkung der α-Strahlen sind also ganz in Übereinstimmung mit den Beobachtungen Rutherfords. Durch Neigung der photographischen Platte gegen die Ebene des Spaltschirms um 60—70° erhielt man nach Umkehrung des Feldes zwei außerordentlich scharfe Kurven, die von dem Berührungspunkte von Platte und Spalt divergieren. Den Krümmungsradius R dieser Kurve bestimmte Becquerel zu 17—18 cm, das Produkt $H.R$ (H = Feldstärke) zu 215900, eine Zahl, die etwas kleiner, aber von derselben Größenordnung ist wie die Rutherfords.

Da die bisher als nicht ablenkbar angenommenen Strahlen des Radiums sich somit als nach der entgegengesetzten Seite ablenkbar erwiesen, lag es nahe, Ähnliches auch bei den ebenfalls nicht ablenkbar gefundenen Strahlen des Poloniums zu vermuten. Die Untersuchungen sind hier viel schwieriger, da die Poloniumstrahlen viel schwächer sind und rasch an Intensität abnehmen. Becquerel begegnete dieser Schwierigkeit dadurch, daß er seine photographische Platte bei gleicher Anordnung 20 Stunden lang den Poloniumstrahlen exponierte; da bei den hohen Feldintensitäten die Magnete sich zu sehr erwärmten, mußte der Versuch in 4 Perioden auf 4 Tage verteilt werden. Es zeigten sich in der Tat auch bei Polonium dieselben Kurven wie bei Radium, wenn auch viel schwächer; sie ließen aber deutlich erkennen, daß die Größe und Richtung der Ablenkung der Poloniumstrahlen und der α-Strahlen des Radiums durchaus dieselben sind. Die Ablenkungsrichtung beider Strahlen war entgegengesetzt der der Kathodenstrahlen. Ein fundamentaler Unterschied jener Strahlen von den anderen Strahlen der radioaktiven Körper besteht ferner darin, daß sie nicht die geringste Dispersion zeigen. Die von ihnen erzeugten Kurven sind sehr fein und scharf, die Ablenkung der Strahlen hat also nur eine bestimmte Größe, während die den Kathoden strahlen entsprechenden Radiumstrahlen im Magnetfelde ein ganzes Spektrum bilden.

Hiernach können wir folgende Strahlengruppen der radioaktiven Körper unterscheiden:

1. Uran sendet nur mit negativer Elektrizität geladene sehr durchdringende Strahlen aus.
2. Polonium sendet nur mit positiver Elektrizität geladene sehr absorbierbare Strahlen aus.
3. Thorium und Radium senden beide Strahlenarten aus. Das Radium sendet außerdem noch sehr durchdringende, nicht ablenkbare Strahlen aus, die nur nach langer Exposition auf der photographischen Platte erscheinen und vielleicht nur deshalb bei den andern Körpern nicht nachgewiesen wurden.

Zu diesen drei Körpern tritt als vierter das Actinium, dessen weitere Eigentümlichkeiten von Debierne untersucht wurden (*C. R. CXXXVI 446 u. 673; 1903*). Die Strahlung dieses Stoffes zeigt sich durch einen Luftstrom stark vermindert, die induzierte Aktivität wird auch im Vakuum erregt, die Emanation vergeht schon in wenigen Sekunden. Die in der Umgebung des Actiniums sich bildenden Ionen scheinen im Gegensatz zu denen des Radiums rasch zerstört zu werden. Diese Ionen sind der Sitz einer besonderen Strahlung, welche speziell auf andere Körper aktivierend wirkt; diese Strahlung wird im Magnetfelde nach der den Kathodenstrahlen entgegengesetzten Richtung, im elektrischen Felde nach der Kathode hin abgelenkt und scheint somit mit der Rutherfordschen α-Strahlung identisch zu sein.

Die von einem radioaktiven Körper ausgehende Emanation und die durch sie erregte Radioaktivität sind nicht von Dauer, sondern verschwinden nach längerer oder kürzerer Zeit. Wie Curie fand, läßt sich die Intensität sowohl der Emanation wie der sekun-

dären **Strahlung als eine Exponentialfunktion der Zeit** darstellen (*C. R. CXXXV 857 (1902); CXXXVI 223 (1903)*). Bringt man einen Körper mit einem Radiumsalz zugleich in ein verschlossenes Gefäß und nimmt ihn nach seiner Aktivierung heraus, so verliert er die Aktivität in freier Luft ziemlich rasch, indem sie nach einer halben Stunde schon auf die Hälfte reduziert ist. Wird ein Glasgefäß mit einem anderen, das Radium enthaltenden Gefäß verbunden, so aktiviert sich die Innenseite; trennt man nun beide Gefäße durch Zuschmelzen des Verbindungsrohres, so beobachtet man ebenfalls eine Abnahme der Aktivität der inneren Wände des ersten Gefäßes, die aber viel langsamer als in freier Luft vor sich geht, indem sie erst in etwa 4 Tagen auf die Hälfte herabsinkt. Hier ist eben die Emanation noch wirksam. Genauere Untersuchungen mit der elektrischen Methode ergaben, daß in dem letzteren Falle die Intensität der Strahlung J als Funktion der Zeit t durch den Ausdruck $J = J_0 \,.\, e^{-\frac{t}{\Theta}}$ dargestellt werden kann, wo J_0 die Anfangsstrahlung, Θ eine Zeitkonstante bedeutet, die aus einer großen Reihe von Versuchen zu $4{,}97 \,.\, 10^5$ Sekunden (5,752 Tagen) festgestellt wurde. Diese Zeitkonstante blieb dieselbe für verschiedene Radiumpräparate, für Gefäße von verschiedenen Dimensionen und verschiedenem Material (Glas, Kupfer, Aluminium), für lange oder kurze Dauer der Aktivierung, für hohe oder niedrige Drucke der eingeschlossenen Luft, sowie auch bei Ersetzung dieser Luft durch Wasserstoff oder Kohlensäure. Das Gesetz der Strahlungsabnahme blieb auch dasselbe, wenn man die umgebende Temperatur von 450° bis — 180° variieren ließ. Die letztere Beobachtung stimmt mit den Versuchen **Rutherfords** nicht ganz überein, und daher ist auch Curie nicht geneigt, die Emanation als ein besonderes Gas anzusehen. Dagegen spricht auch, daß die Emanation in einer zugeschmolzenen Röhre spontan verschwindet, auch daß sich in ihr keine neuen Spektrallinien nachweisen lassen. Curie will daher unter „Emanation“ nur verstehen „die von den radioaktiven Körpern ausgesandte Energie in der speziellen Form, in welcher sie in Gasen oder im Vakuum aufgespeichert ist.“ Diese spezielle Form der Energie ist bei Radium durch eine besondere Zeitkonstante charakterisiert. Möglicherweise sendet das Radium selbst gar keine Becquerelstrahlen, sondern nur die Emanation aus, die sich aber sogleich zur Strahlung umwandelt.

Der Strahlungsverlust eines aktivierten Körpers in freier Luft, der, wie oben erwähnt, viel rascher erfolgt als die Abnahme der Emanation, wurde von Curie in Verbindung mit Danne genauer untersucht (*a. a. O. S. 364*). Auch hier folgt die Intensität der Strahlung einer gleichen Exponentialfunktion der Zeit, doch beträgt die Konstante Θ nur 2400 Sek., sodaß die Strahlung schon in 28 Min. auf die Hälfte reduziert wird. Auch die **Zunahme** der Strahlungsintensität folgt demselben Gesetz, wenn der Körper plötzlich der aktivierenden Substanz nahe gebracht wird. Im allgemeinen ist das Gesetz unabhängig von der Natur des Körpers, wie sich für die meisten Metalle und Glas nachweisen ließ. Nur Celluloid und Kautschuk, Paraffin und Wachs zeigten ein hiervon mehr oder weniger abweichendes Verhalten.

Das von Frau **Curie** auf chemischem Wege zu 225 bestimmte **Atomgewicht des Radiums** (*ds. Zeitschr. XV, 360*) suchten C. Runge und J. Precht mit einer spektralen Methode zu ermitteln (*Phys. Zeitschr. 4, 285; 1903*). Sie benutzten dabei die von **Runge** und **Paschen** gemachte Entdeckung, daß die Komponenten gewisser Linienpaare in den Spektren einiger Elemente, in Wellenlängen gemessen, den gleichen Abstand von einander besitzen, daß dieser Abstand aber für verwandte Elemente (wie z. B. *Mg*, *Ca*, *Sr*, *Ba*) mit dem Atomgewicht zusammenhängt; und zwar ist das Atomgewicht einer Potenz des Abstandes der beiden Linien proportional. Die Linie, welche den Logarithmus des Atomgewichts als Funktion jenes Abstandes darstellt, ist eine Gerade. Dieses auch für andere Gruppen verwandter Elemente bestätigte Gesetz wurde von Runge und Precht dazu benutzt, um aus der für *Mg*, *Ca*, *Sr*. *Ba* gefundenen Funktion durch Extrapolation das Atomgewicht des Radiums zu bestimmen, dessen Spektrum dieselben charakteristischen Linien aufweist, wie das Spektrum der genannten Stoffe, sodaß man auf die Verwandtschaft wohl schließen darf.

Die Verff. fanden so das Atomgewicht des Radiums = 258, also größer als Frau Curie. Im periodischen System würde das Radium dann an eine andere Stelle rücken. *Schk.*

Elektrizitätsleitung in Flammen. P. Lenard beschreibt in den *Ann. der Physik* (*9, 642; 1902*) eine Erscheinung, die trotz ihrer großen Einfachheit noch nicht beobachtet zu sein scheint. Bringt man eine durch Kochsalz gefärbte Bunsenflamme zwischen zwei entgegengesetzt geladene Metallplatten, so steigt der farbige Dampf nicht mehr nach oben, sondern neigt sich nach der negativen Platte hin. Die Neigung kann 45° übersteigen und wird bei abwechselndem Laden und Entladen der Platten sehr auffällig. Bei einiger Entfernung der negativen Platte tritt der gelbe Dampf sogar seitlich aus der Flamme heraus. Zur Herstellung des Feldes kann eine Influenzmaschine oder eine Akkumulatorenbatterie von 2000 Volt benutzt werden; damit die Flamme nicht unruhig wird, schaltet man eine Funkenstrecke ein. Die Neigung tritt nur ein, wenn die Salzperle in den Flammenmantel gebracht wird, nicht wenn sie erst im Saum der Flamme ist. Dieselbe Erscheinung zeigen die Dämpfe der anderen Alkalien, der Erdalkalien, der Thallium- und Indiumsalze, die Dämpfe der Borsäure, des Selens, Tellurs, Kupferchlorids, sowie die leuchtenden Teile einer Gasflamme. Die Neigung ist aber bei verschiedenen Stoffen verschieden groß. So zeigt eine Perle von Natriumsilikat eine Schiefe des Dampfstreifens von 8°, etwas Salzsäure bringt sie gleich auf 30°. Ähnliches zeigt sich bei Chlorbaryum; der Chlorgehalt der Flamme bewirkt stets verstärkte Neigung des Dampfstreifens.

Die Erklärung der Erscheinung findet Lenard in der Bildung positiver „Träger" der Elektrizität (Ionen), welche nach der negativen Elektrode mit mehr oder weniger großer Geschwindigkeit hinwandern. Die Leitfähigkeit der Flamme wird dadurch erhöht, die Spannungsdifferenz der Elektroden nimmt mit der Schärfe des Dampfstreifens ab. Stets erfolgt die Wanderung der Stoffe nach der negativen, niemals nach der positiven Seite; auch durch besondere Reagenzien gelang es nicht, ein negatives Ion in der Flamme nachzuweisen. Durch Bestimmung der Geschwindigkeit des Aufsteigens der Flammengase konnte die Wanderungsgeschwindigkeit der positiven Träger ermittelt werden; sie ergab sich für Lithiumdämpfe zu $0{,}08 \frac{\text{cm}}{\text{sec}} \Big| \frac{\text{Volt}}{\text{cm}}$. Neben den positiven Trägern müssen in den ursprünglich unelektrischen, verbrennenden Gasen auch negative Träger entstehen, die aber nicht sichtbar werden und nach Lenards Ansicht mit den „Quanten" der Kathodenstrahlen identisch sind (vergl. *d. Ztschr. XIII, 285*). Die Entstehung von Kathodenstrahlen in Flammen hatte auch bereits Villard (*d. Ztschr. XIII 172*) behauptet.

Während Lenard durch die Neigung des Dampfstreifens die Stärke der Flammenionisierung bestimmte, maß G. Moreau direkt die dadurch bewirkte Leitungsfähigkeit der Salzdämpfe (*C. R. CXXXV 898; 1902*). Zu beiden Seiten einer Salzflamme brannten, in Berührung mit ihr, zwei kleine salzlose Flammen A und C. Die eine Platte eines Kondensators war in C fest angebracht, die andere α ließ sich durch die drei Flammen hindurch bewegen und es wurde nun für verschiedene Ladungen und verschiedene Entfernungen der beiden Platten die Leitungsfähigkeit der Flamme bestimmt. Sobald α die Salzflamme berührt, wächst die Leitfähigkeit plötzlich und zwar stark, wenn α negativ, schwach, wenn α positiv geladen ist. Die Erklärung Moreaus weicht insofern von der Lenards ab, als er zunächst die Bildung negativer „Korpuskeln" an der Kathodenplatte annimmt, die den Salzdampf in der Flamme nach Art der Uranstrahlen ionisieren.

Durch eine Reihe ganz anderer Versuche fand Semenov ebenfalls, daß bei einer durch eine Flamme gehenden Entladung der Transport materieller Teilchen stets vom positiven zum negativen Pol hin erfolgt. (*C. R. CXXXIV 1199, 1421; 1902*). Die Flamme stand hier nicht zwischen zwei Elektroden, sondern bildete selbst den einen Pol der Entladung, die von ihr nach einer metallischen Spitze hinüberging. Als Brenner dienten kleine Kupferröhren von 0,5 mm innerem Durchmesser; die Flammenhöhe konnte von 1 mm bis zu mehreren Zentimetern variiert werden. Die Entladung bildet um den dunkeln Teil der Flamme eine leuchtende Hülle, die bei vergrößerter Flamme kleiner wird.

Während der Entladung erwärmte sich die Spitze sehr stark, wenn sie mit der positiven, viel weniger, wenn sie mit dem negativen Pol in Verbindung stand. Schon hieraus geht hervor, daß das Losreißen materieller Teilchen hauptsächlich am positiven Pol erfolgt. Läßt man die Entladung zwischen der Flamme und einem in Glas eingeschmolzenen Platindraht vor sich gehen, so färbt sich die äußere Hülle der Flamme gelb, wenn der Platindraht positiv, sie bleibt ungefärbt, wenn er negativ ist. Der Anodenstrom ruft auf der Kathode einen Rückstrom materieller Teilchen hervor, eine Erscheinung, die sich in einer Verdopplung der Flamme bemerkbar macht. Diese Verdopplung zeigt sich besonders deutlich, wenn die Ebene der Brennermündung nicht senkrecht zu seiner Achse steht. Die beiden Flammen sind nicht gleich hell; die dunklere bildet die Bahn des Stroms, während die hellere und kürzere an der Entladung nicht teilzunehmen scheint. Ist der Brenner mit dem positiven Pol in Verbindung, so verkürzt sich die Flamme und wird sehr glänzend, aber verdoppelt sich niemals. Der Kathodenrückstrom bewirkt ferner eine Abstoßung der Flamme, welche die Anziehung zwischen der Flamme und dem entgegengesetzten Pol verdeckt.

Im weiteren Verlauf seiner Untersuchungen beschäftigt sich Semenov mit der Rolle, die die Flamme bei einer Entladung spielt. Die Flamme verhält sich ganz wie eine metallische Spitze, die größte elektrische Spannung ist an ihrer Spitze. Die daraus folgende Geschwindigkeitszunahme des Gases bewirkt eine Verengerung der Flamme, und wenn der Durchmesser des Brenners eng genug ist, kann man vermittelst eines Manometers eine Druckverminderung im Innern des Brenners feststellen. Bei einem Brennerdurchmesser von 0,5 mm wurde der Gasdruck, der vor der Ladung 2 cm Wasser betrug, während der Ladung mit einem Induktorium von 20 cm Funkenlänge um 2 bis 3 mm herabgedrückt. Gleichzeitig erscheinen die (bei positiven und negativen Flammen verschiedenen) Büschel. Die Zunahme der Gasgeschwindigkeit ist so bedeutend, daß die Flamme erlischt, sobald ihre Höhe auf weniger als 2 cm gebracht wird. Der durch die elektrische Spannung am Ende einer sehr engen Metallröhre erzeugte Luftstrom tritt nur am Umfang der Röhre, nicht in ihrem Innern auf; er erzeugt, indem er die Flamme mitreißt, die Depression in dem Brenner.

Ist die Entfernung zwischen Spitze und Flamme so groß, daß der Funke nicht überspringen kann, so zeigen sich die gewöhnlichen Büschel an beiden Polen; von jedem Pol geht ein Gasstrom aus. Nähert man die Pole, so werden die Büschel durch einen Funken ersetzt, und zwar ist es der Gasstrom des positiven Pols, der sich zum Funken umbildet. Trifft man die Einrichtung so, daß die Entladung in der Flamme durch einen breiten, mehrere cm langen Funken von fester Lage erfolgt, so läßt sich auch die Existenz eines zurückkehrenden negativen Luftstromes nachweisen. Dieser bildet eine bewegliche Röhre, die den Funken wie ein Zylinder umgibt. Zusammenfassend kann man also sagen: Der positive Luftstrom erzeugt den Funken, der zum negativen Pol geht und die Materie des positiven Pols dort hin führt; der negative Luftstrom dient als äußere Hülle des Funkens; er erreicht den positiven Pol, wenn der Funke geradlinig ist, er erreicht ihn nicht, wenn der Funke gekrümmt ist.

Entsprechende Erscheinungen beobachtete Semenov, wenn die Entladung zwischen einer Gasflamme und einer in einem Glasrohr befindlichen Salzlösung vor sich ging (*C. R. CXXXV, 155*). Bildet die Lösung den negativen Pol, so stürzen die von der Anode ausgehenden Teilchen mit großer Geschwindigkeit auf die Oberfläche der Flüssigkeit, und diese schießt infolgedessen in Form eines leuchtenden Strahls aus der Röhre heraus. Dieser Strahl, der mehrere Millimeter Länge erreichen kann, ist mit einem erheblichen Geräusch verbunden und eignet sich sehr für das spektroskopische Studium der Salzlösungen. Die Richtung des Strahls hängt ab von dem Winkel, den die Mündungsebene der Röhre mit der Röhrenachse bildet. Ist die Mündung gerade, so verläuft der leuchtende Flüssigkeitsstrahl parallel dem Entladungsfunken; schneidet man das Röhrenende schräg ab, so weicht der Strahl umsomehr ab, je größer der Einfallswinkel des Funkens ist. Aus allem geht hervor, daß die von der Anode ausgehende Strömung von der Oberfläche des flüssigen negativen Pols reflektiert wird und einen Teil der Salzlösung in Form des leuchtenden

Strahls mit sich reißt. Da die Energie der Anodenströmung in diesem Fall mechanische Arbeit leistet, so erwärmt sich die Kathode viel weniger, als dies sonst der Fall sein würde. So wird die Flüssigkeit des negativen Pols niemals zum Sieden gebracht, während eine Stahlnadel als Kathode unter dem Einfluß der Anodenströmung schmilzt.

Bei diesen Versuchen bildet sich um die Kathode eine Wolke von mikroskopischen Tröpfchen; eine Glasplatte, die in diese Region gebracht wird, bedeckt sich mit diesen und zeigt nach Verdampfung der Flüssigkeit vollkommen ausgebildete Krystalle, bei Kochsalz z. B. deutlich ausgebildete Würfel. Bildet die Röhre mit der Salzlösung den positiven Pol, so verdampft das Wasser sehr schnell, und auf der Röhrenmündung entsteht ein pilzförmiger Niederschlag von Salz; es bilden sich Metalldämpfe, und die Flamme färbt sich schwach. Wenn jedoch die Flüssigkeit tropfenweise ausfließt, geht der Funke von der Flamme nur nach den Tropfen; es scheidet sich kein Salz aus, und weder der Funke noch die Flamme färben sich. Geht die Entladung zwischen zwei mit verschiedenen Salzlösungen gefüllten Röhren vor sich, so z. B. $Cu\,SO_4$ am positiven, $Na\,Cl$ am negativen Pol, so bildet sich auf einem unter die Röhren gebrachten Glimmerblatt nur ein Niederschlag von $Na\,Cl$-Krystallen, solange der Tropfenabfluß am positiven Pol konstant ist. Sobald man aber diesen Abfluß aufhält, so bilden sich neben den $Na\,Cl$-Krystallen auch solche von $Cu\,SO_4$. Die Materie der Anode wird also nur transportiert, wenn die Erwärmung des positiven Pols Anlaß zur Bildung von Metalldämpfen gibt. Bei der Entladung werden von dem positiven Pol keine Teilchen los gerissen, und die durch den Funken nach dem negativen Pol geführte Materie rührt allein her von dem Gas oder Dampf, der sich unmittelbar am positiven Pol bildet. *Schk.*

---

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Kant und die naturwissenschaftliche Methode. In einem Aufsatz über „Kant-Orthodoxie“ (*Preufs. Jahrb. 1903, Heft I*) weist Ferd. Jacob Schmidt auf den Zusammenhang von Kants transzendentaler Methode mit derjenigen der neueren Naturwissenschaft hin. Wie jene auf die Bedingungen der Möglichkeit aller Erfahrungserkenntnis überhaupt ausgeht, so diese auf die spezifischen Bedingungen der Möglichkeit eines besonderen Erfahrungsgebietes. „Das Experiment ist die Ermittlung der Erfahrungsbedingungen aus der genauen Fixierung (Beobachtung) der Erfahrungsbestimmungen eines Falles und den Ergebnissen ihrer willkürlichen Veränderung.“ Die Induktion im gewöhnlichen Sinn, die man häufig als das Wesentliche an der naturwissenschaftlichen Methode ansieht, d. h. die genaue Beobachtung und Abgrenzung des Falles oder der Fälle, ist für den Naturforscher nichts anderes als eine notwendige Vorarbeit; seine eigentliche Aufgabe ist die Ermittlung der Erfahrungsbedingungen, die die Möglichkeit aller Fälle eines bestimmten Gebiets konstituieren.

Von dem neuen methodischen Element, das dem Altertum und dem Mittelalter verschleiert geblieben ist, sagt der Verfasser: „Galilei war vermittelst instinktiver Genialität zur Benutzung eines neuen Verfahrens gelangt, ohne daß er nun auch sogleich ein klares Bewußtsein von dem Wesen und der Natur dieser Methode in abstracto gehabt hätte. Sie war da und wurde mit größtem Erfolge praktisch zur Anwendung gebracht, ohne daß es doch zu ihrer deutlichen logischen Interpretation kam. Nur so ist es zu verstehen, daß man für diese neue Methode nicht sogleich auch eine eigene Bezeichnung wählte und dafür von den bisherigen den Namen derjenigen auch auf sie übertrug, mit der sie einen gewissen Zusammenhang zeigt. Das ist der Grund, weshalb man die naturwissenschaftliche Methode bis auf den heutigen Tag als „induktiv“ bezeichnet, mit welcher Benennung aber ihr eigentliches Wesen tatsächlich nicht getroffen wird. Baco und seine Nachfolger waren daher auch im Hinblick auf die Naturforschung stark auf dem Holzwege, wenn sie die Induktion für die einzige, wesentliche Methode aller Wissenschaft überhaupt ausgeben zu müssen glaubten“.

Der Zusammenhang, in dem die exakte Methode der Naturwissenschaft mit der kritischen Philosophie Kants steht, ist von Kant selber im allgemeinen nicht sehr vollkommen zum Ausdruck gebracht worden, sonst wäre es nicht möglich, daß noch heut zur Erläuterung der naturwissenschaftlichen Methode immer wieder auf die überlebten Regeln der unvoll-

kommenen Induktion zurückgegriffen würde. Besonders deutlich hat Kant seine Auffassung in dem zweiten Vorwort zur Vernunftkritik ausgesprochen, wo es heißt: „Als Galilei seine Kugeln die schiefe Fläche mit einer von ihm selbst gewählten Schwere [besser: nach dem von ihm selbst gewählten Geschwindigkeitsgesetz] herabrollen, oder Torricelli die Luft ein Gewicht, was er sich zum voraus dem einer ihm bekannten Wassersäule gleich gedacht hatte, tragen ließ, oder in noch späterer Zeit Stahl Metalle in Kalk und diesen wiederum in Metall verwandelte, indem er ihm etwas entzog und wiedergab, so ging allen Naturforschern ein Licht auf. Sie begriffen, daß die Vernunft nur das einsieht, was sie selbst nach ihrem Entwurfe hervorbringt, daß sie mit Prinzipien ihrer Urteile nach beständigen Gesetzen vorangehen und die Natur nötigen müsse, auf ihre Fragen zu antworten, nicht aber sich gleichsam von ihr allein am Leitbande gängeln lassen müsse; denn sonst hängen zufällige, nach keinem vorher entworfenen Plan gemachte Beobachtungen (d. i. Induktion!) garnicht in einem notwendigen Gesetze zusammen, welches doch die Vernunft sucht und bedarf. Die Vernunft muß mit ihren Prinzipien, nach denen allein überkommende Erscheinungen für Gesetze gelten können, in einer Hand, und mit dem Experiment, das sie nach jenen ausdachte, in der andern an die Natur gehen, zwar um von ihr belehrt zu werden, aber nicht in der Qualität eines Schülers, der sich alles vorsagen läßt, was der Lehrer will, sondern eines bestallten Richters, der die Zeugen nötigt, auf die Fragen zu antworten, die er ihnen vorlegt. Und so hat sogar die Physik die so vorteilhafte Revolution ihrer Denkart lediglich dem Einfall zu verdanken, gemäß demjenigen, was die Vernunft selbst in die Natur hineinlegt, dasjenige in ihr zu suchen (nicht ihr anzudichten), was sie von dieser lernen muß, und wovon sie für sich selbst nichts wissen würde. Hierdurch ist die Naturwissenschaft allererst in den sicheren Gang einer Wissenschaft gebracht worden, da sie so viele Jahrhunderte durch nichts weiter als ein bloßes Herumtappen gewesen war".

Der Verfasser zeigt, daß die Verkennung des hier klar zu Tage tretenden Sachverhalts schwere Schädigungen für das philosophische Denken der Deutschen zur Folge gehabt hat. Denn eine mißverständliche Wertschätzung der Induktion als vermeintlichen methodologischen Prinzips aller Wissenschaft hat eine langdauernde Abwendung der Philosophie von dem Kern des kantischen Kritizismus nach sich gezogen. In einer Wiederanknüpfung an Kant sieht daher der Verfasser die einzige Möglichkeit zu einem künftigen Fortschritt. Und auch für die Methodik unseres Unterrichtsfaches dürfte eine Vertiefung in die kantische Theorie der Erfahrung das Mittel sein, sowohl zu einer eingeschränkten Schätzung des induktiven Verfahrens, als auch zu einer klareren Einsicht in die Gültigkeit der durch exakte Forschung gewonnenen Erkenntnis zu gelangen. Verwiesen sei zu weiterer Orientierung auf F. J. Schmidts Grundzüge der konstitutiven Erfahrungsphilosophie (1901). *P.*

Die Legende von Flavio Gioja. In der *Rivista Geografica Italiana 1902* (*Fasc. V—VII*) unterzieht P. Timoteo Bertelli, ein gelehrter Bernabitermönch, die traditionelle Angabe, daß Flavio Gioja von Amalfi den Schiffskompaß erfunden habe, einer vernichtenden Kritik, die um so interessanter ist, als sie einen Einblick in den Gang einer derartigen Legendenbildung gewährt. Schon in früheren Abhandlungen über die Messung der Magnetnadel hat Bertelli gezeigt, daß in Europa die Kenntnis der Magnetnadel nicht über das 10. Jahrhundert hinaus rückwärts zu verfolgen ist; dagegen sei bei den Chinesen und Japanern diese Kenntnis bereits um den Anfang unserer Zeitrechnung vorhanden gewesen. Ungefähr um das 10. Jahrhundert sei die erste Magnetnadel, durch Verbindung mit einem Strohhalm auf Wasser schwimmend, von den Amalfitanern in Gebrauch genommen, und vermutlich sei ihnen die Kenntnis davon durch den arabischen Handelsverkehr zwischen China und Europa zugetragen worden. Den Amalfitanern sei auch die Verbesserung zu danken, daß sie die Nadel um eine Achse drehbar machten und in eine Holzbüchse (bussola) steckten. Die feste Verbindung der Windrose mit der Nadel sei in der Amalfi benachbarten Stadt Positano gemacht worden und stamme aus der Zeit zwischen der Mitte des 13. und dem Anfang des 14. Jahrhunderts. Gewiß ist ferner auch, daß die Bussole bereits um 1200 zu topographischen Zwecken in den Bergwerken von Massa maritima verwandt wurde.

Ein Erfinder des Kompasses wird noch während des 14. und 15. Jahrhunderts in der ganzen Literatur nicht genannt. Der erste, der überhaupt von der Einführung des Kompasses in die Schiffahrt des Mittelmeeres spricht, ist Flavio Biondo von Forli, von dem der erste Versuch einer Geschichte Italiens (1450) herrührt. Bei ihm zuerst findet sich die Bemerkung, daß die Amalfitaner den Gebrauch des Kompasses erfunden hätten. Ihm folgt Giovanni Battista Pio (1511) in seinem Kommentar zu dem römischen Dichter Lucretius Carus — der bereits die Wirkung des Magneten auf Eisenpulver beschrieben hatte — und bedient sich dabei, zum Teil wörtlich an Flavio anknüpfend, der Wendung: „Amalphi in Campania veteri magnetis usus inventus a Flavio traditur.“ Hierin kann mit Flavius nur der vorher genannte Flavio Biondo gemeint sein, wie auch aus einer Paraphrase derselben Stelle in der Magia naturalis des Giambattista della Porta (1589) hervorgeht, wo es heißt: Cujus inventio . . . fuit Amalphi, ut a Flavio traditur. Es war damals durchaus gebräuchlich, Autoren nur mit dem Vornamen zu bezeichnen; es sei nur an Dante Alighieri erinnert.

Wennschon hiernach der Sinn der Worte des G. Battista Pio unzweifelhaft ist, so war doch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß aus ihnen herausgelesen wurde: „Es wird berichtet, daß der Kompaß in Amalfi von Flavio erfunden worden sei.“ Dies Mißverständnis ist nun in der Tat einem andern Schriftsteller des 16. Jahrhunderts begegnet. Lilius Gregorius Giraldi aus Ferrara schreibt in seinem Libellus de re nautica: „Amalphis . . . navigandi usus per magnetem . . . a Flavio quodam excogitatus traditur.“ Dies Mißverständnis ist gleichsam der erste Ring in der Kette der Irrtümer, die zu der Konstruktion des Namens Flavio Gioja führten.

Der eben erwähnte Giraldi hatte der angeführten Stelle noch hinzugefügt, der Kompaß diene zusammen mit einer Seekarte dazu, die Richtung der Fahrt festzustellen. Dies wird nun weiter von einem auch sonst wenig zuverlässigen Schriftsteller, Scipione Mazzella, in seiner Descrizione del regno di Napoli (1586) irrtümlich so aufgefaßt, als ob der Erfinder des Kompasses gleichzeitig auch die ersten Seekarten entworfen habe. Er gibt auch den vollen Namen des Erfinders Flavio di Gioia an und verlegt die Erfindung in das Jahr 1300. Daß die Angabe bezüglich der Seekarten falsch ist, unterliegt keinem Zweifel, denn wir wissen, daß derartige Karten schon zwei Jahrhunderte früher in Gebrauch waren, mithin nicht erst um 1300 zuerst hergestellt sein konnten. Aber wie kam Mazzella zu den anderen nirgends vor ihm nachzuweisenden Angaben? Das Rätsel wird von Bertelli in scharfsinniger und zugleich wohl glaubhafter Weise gelöst. Da Mazzelli dem Erfinder des Kompasses auch die Erfindung der Seekarten zuschrieb, so entnahm er die Jahreszahl 1300 der ältesten ihm zu Gesicht gekommenen italienischen Seekarte, die er für die überhaupt älteste derartige Karte hielt. Auf dieser Karte wird auch der Name des Zeichners vermerkt gewesen sein, den Mazzella als Gioja oder Gioia gedeutet hat. Der älteste uns bekannte italienische Kartograph, der schon um 1300 arbeitete, ist nämlich Giovanni da Carignano, Presbyter in Genua. Eine einzige von ihm erhaltene Karte im Staatsarchiv zu Florenz trägt die Inschrift ‚Johannes presbyter rector sancti Marci de portu Janue me fecit‘. Die alten Kartographen haben aber nicht immer ihren Namen in gleicher Ausführlichkeit eingetragen, auch konnte gerade vom Namen, der am Rande der Karte stand, durch den häufigen Gebrauch leicht ein Stück unleserlich werden oder verloren gehen. Man braucht auch nur anzunehmen, daß die Karte, die Mazzella vor sich hatte, den Namen ihres Urhebers in der damals gebräuchlichen abgeküezten Form Johia trug, so wird die Umwandlung des Namens leicht verständlich. Denn da in der alten Schrift das h durch einen nach unten verlängerten Strich einem j ähnlich wurde, so konnte leicht Jojia und Gioja gelesen werden. Der Rufname Flavio, der bereits durch Giraldi entdeckt war, konnte nunmehr zu dem vollen Namen Flavio Gioja ergänzt werden. Daß nun die Legendenbildung weiter wucherte, kann nicht wundernehmen; bereits 1601 weiß Summonte in der Historia della città e regno di Napoli zu berichten, daß Flavio di Gioja, ein überaus scharfsinniger (sagacissimo) Bürger von Amalfi, die Magnetnadel und auch die Bussole erfunden habe. Ein geographischer Schriftsteller Abraham Ortel von Antwerpen (Ortelius), ein Kompilator von geringer Zuverlässigkeit, verwandelt den Namen

ohne ersichtlichen Grund in Giovanni Gioja und dieser Name findet sich auch in dem berühmten Werke William Gilberts De magnete (London 1600) wieder. Bei den zahlreichen späteren Autoren kommt der Name in vier verschiedenen Versionen vor: neben Giovanni Gioja findet sich bei einigen Autoren, der ältesten Namengebung entsprechend, nur der Name Flavio, bei noch anderen nur Giovanni, bei einigen auch Flavio Giovanni.

Wenn es angesichts der klar zu Tage liegenden Entstehungsgeschichte des Namens noch einer direkten Widerlegung bedürfte, so wird diese dadurch geliefert, daß die eingehendsten Nachforschungen nach einer Familie Gioja im Staatsarchiv zu Neapel zu keinem Resultat geführt haben — da eben eine solche Familie nicht existiert hat. Ein deutscher Gelehrter Martin Lipenius hat schon 1660 in einer an der Wittenberger Universität veröffentlichten Abhandlung den Irrtum aufgedeckt und bestimmt erklärt, daß Flavio der Name des Schriftstellers sei, der über den Kompaß geschrieben habe, und nicht der des Erfinders. Dennoch erhielt die Legende sich bis heute, und im Jahre 1902 schickte die Stadt Amalfi sich allen Ernstes an, ein Fest zum Gedächtnis ihres berühmten Mitbürgers zu veranstalten. Erst die Forschungen Bertellis haben die Jahrhunderte alte Tradition endgültig zerstört. *P.*

4. *Unterricht und Methode.*

Didaktik und Methodik des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Amerika. Wer geneigt sein sollte, den naturwissenschaftlichen Unterricht in Amerika hinsichtlich seiner didaktisch-methodischen Seite zu unterschätzen, den kann ein vor kurzem erschienenes Werk von Alexander Smith und Edwin H. Hall[1]) eines Besseren belehren. Indem wir uns weiteres Eingehen auf das Buch vorbehalten, greifen wir zunächst als in erster Reihe bemerkenswert den Abschnitt des von A. Smith verfaßten chemischen Teils heraus, der den Unterricht in der Klasse — im Gegensatz zum Laboratoriumsunterricht — behandelt. Die Amerikaner haben in den letzten Jahren auch auf diesem Gebiete enorme Fortschritte zu verzeichnen, sie haben sich, was besonders Hervorhebung verdient, die von W. Wundt und E. Mach vorgetragenen Prinzipien vielleicht in höherem Grade zu eigen gemacht, als dies bisher bei uns der Fall gewesen ist, und sie haben auch die Anregungen, die Autoren wie Clifford (Lectures and Essays) und Stallo (Concepts and Theories of modern physics) gegeben haben, für den Unterricht auszunutzen verstanden.

Der Verfasser ist sich ganz klar darüber, daß das Arbeiten im Laboratorium zwar das wichtigste und grundlegende Unterrichtsmittel ist, daß aber ein planmäßiger Unterricht in der Klasse hinzutreten muß, wenn die Ausbildung vollkommen werden soll. Deshalb wird erstlich besonderes Gewicht auf die Diskussionen („quizzes") über die Resultate der Laboratoriumsarbeiten gelegt. In diesen sollen, abgesehen von der formalen Übung im Ausdruck, namentlich Schlüsse aus den Beobachtungen gezogen, Anwendungen auf chemische Fragen gemacht und die wissenschaftliche Phantasie betätigt werden. Auch die Vorzüge schriftlicher Bearbeitung von Fragen werden gewürdigt, und es wird verlangt, daß die Beantwortung nicht blos Gedächtnis, sondern Überlegung und Urteil erfordere. Der Wert experimenteller Demonstrationen wird anerkannt, und dabei empfohlen, daß im allgemeinen ein solcher zusammenhängender Unterricht den praktischen Übungen nachzufolgen habe. Auch der Gebrauch eines Lehrbuches (text-book) wird als unumgänglich bezeichnet, denn dieses zeige die im Laboratorium kennen gelernten Tatsachen in ihrem richtigen Zusammenhang und bewahre vor übereilten Verallgemeinerungen.

Von hervorragendem Interesse sind Betrachtungen, die der Verfasser unter dem Titel *The grammar of Science* an den Schluß des Abschnittes stellt. Es schließt sich darin an ein unter demselben Titel veröffentlichtes Werk von K. Pearson an. Wir teilen folgende Bruchstücke daraus mit, die zwar für uns nichts Neues enthalten, aber auch bei uns immer von neuem ernstlicher Erwägung empfohlen werden können:

[1]) The Teaching of Chemistry and Physics in the Secondary School. Longmans, Green & Co., New York, London and Bombay, 1902. 377 S.

Das Wort Erklärung (*explanation*) scheint häufig mißverständlich angewandt zu werden. Eine Erklärung ist nichts als eine Beschreibung, die ein Ding oder eine Vorstellung zu andern mehr bekannten Dingen oder Vorstellungen in Beziehung setzt. So erklären wir die beschleunigte Wasserstoffentwicklung (aus Zink und Schwefelsäure) bei Zusatz von ein wenig Kupfersulfat durch Berufung auf das, was wir von galvanischen Elementen wissen. Auch die Anwendung der Terminologie ist keine Erklärung. Wenn wir z. B. eine Wirkung ‚katalytisch' nennen, so klassifizieren wir sie, aber wir erklären sie nicht. Bezeichnen wir die Neigung zu chemischer Aktion als „Affinität", so setzen wir nur einen Namen für einen andern; wir klassifizieren dadurch, insofern wir diese Neigung durch den Namen von der Kohäsion und anderen allgemeinen Eigenschaften unterscheiden; wir wecken aber anderseits Ideenverbindungen mit Begriffen wie Verwandtschaft, Sympathie, Attraktion, die eher verwirren als erklären. — Der Gebrauch des Wortes Gesetz ist selbst in wissenschaftlichen Büchern häufig so inkorrekt, daß es zu verwundern wäre, wenn nicht auch Lehrer in Gefahr kämen, ihre Schüler irre zu führen. Unzulässig ist es, zu sagen, daß einige Gase dem Boyleschen Gesetz nicht ‚gehorchen', oder daß Boyle das Gesetz ‚entdeckt habe'. Von den verschiedenen Bedeutungen, in denen das Wort Gesetz gebraucht wird, sind nur zwei wissenschaftlich berechtigt. Im engern Sinne ist ‚Gesetz' nur ein abgekürzter Ausdruck für eine ungeheure Zahl von Einzeltatsachen; im weiteren Sinn bezeichnet es die Tatsache des gleichmäßigen Verhaltens selbst, die in dem Gesetz zusammenfassend ausgesprochen wird. Keineswegs aber darf der Schein erweckt werden, als ob das Gesetz selbst objektiv als eine besondere Macht in der Natur existiere. Wenn wir bei genauerer Untersuchung entdecken, daß ein Gas sein Volumen nicht genau im umgekehrten Verhältnis des Druckes ändert, so ist es nicht das Gas, welches dem Gesetz nicht gehorcht, sondern das Gesetz erweist sich als unzureichend, die Tatsache exakt darzustellen. Fehlerhaft ist es auch, den Satz von Avogadro als ein Gesetz zu bezeichnen, es ist kein Ausdruck von Tatsachen, sondern (wie auch Ostwald es nennt) eine Hypothese oder ein Postulat der Molekulartheorie. — Auch das Wort ‚Ursache' wird häufig falsch angewendet. So spricht man zuweilen vom Gravitationsgesetz als Ursache des Falls der Körper, was nach dem vorher über den Sinn des Begriffes ‚Gesetz' Gesagten unzulässig ist. Ursache ist nach Pearsons Ausdruck „eine Stufe in dem Zusammenhang der Erfahrung, aber keine Stufe in einem Zusammenhang inhärenter Notwendigkeit". Das Wort Ursache ist nichts als der Ausdruck für eine erfahrungsmäßige Aufeinanderfolge. — Auch die Begriffe ‚Materie' und ‚Energie' werden vielfach in irreführendem Sinne gebraucht. Man darf z. B. nicht sagen, daß das Weltall aus Materie und Energie bestehe, oder daß die Materie der Träger der Energie, oder daß die Energie die Ursache der Änderungen der Materie sei. Materie und Energie bezeichnen verschiedene Seiten des Wirklichen; wir können logischerweise die eine Vorstellung ebensowenig als Träger der andern bezeichnen, wie in der Koordinatengeometrie eine Achse als Träger der andern. Die Vorstellungen sind unabhängig von einander, Materie und Energie sind nicht Bestandteile der Welt, sondern Begriffe, die unserem Denken über die Welt angehören. —

Aus diesen Beispielen wird man erkennen, wie hier der nüchterne Wirklichkeitssinn des Amerikaners mit dem kritischen Geiste deutscher Philosophie ein Bündnis eingegangen ist, das sich für die Gestaltung des Unterrichts als überaus fruchtbar erweisen kann. Es bedarf kaum des Hinweises, daß der Verfasser Überlegungen wie die vorstehenden nicht den Schülern vorgetragen wissen will, daß er sie aber als Vorbedingung für einen guten naturwissenschaftlichen Unterricht und für die Erzielung wissenschaftlichen Geistes ansieht. *P.*

Die Zeichen der Ekliptik und die Präzession. In einer Zuschrift an den Herausgeber der Zeitschrift *„Das Weltall"* (*Jahrg. III Heft 10, 15. Februar 1903*) regt J. Adamczik in Pribram dazu an, endlich die Verwirrung zu beseitigen, die bekanntermaßen durch die Verschiebung der Zeichen des Tierkreises gegen die gleich benannten Sternbilder hervorgebracht wird. Insbesondere halten die Kalender noch immer daran fest, daß die Sonne am 21. März in das Zeichen des Widders tritt, während sie erst ungefähr vier Wochen später

das so benannte Sternbild erreicht. Es ist allgemein anerkannt, wie lästig und erschwerend sowohl für die allgemeine Orientierung am Himmel wie für den Unterricht diese Unterscheidung ist. In dieser Zeitschrift hat besonders M. Koppe wiederholt auf den Übelstand hingewiesen und Abhilfe verlangt. Herr Adamczik macht nun den sehr zweckmäßig erscheinenden Vorschlag, man solle die „alte historische Zeicheneinteilung der Ekliptik“ festhalten, aber durch Zurückgreifen auf einen besonders ausgezeichneten historischen Zeitpunkt ein für allemal wieder der Lage des Sternbildes anpassen, und dann den Frühlingspunkt in der fixen Zeicheneinteilung wandern lassen, so wie es ja in Wirklichkeit erfolgt. Als geeigneter Zeitpunkt erscheint das Jahr 130 v. Chr., um welche Zeit Hipparch die Präzession entdeckte. Es würde sich dabei um eine Verschiebung der Ekliptikzeichen um ca. 28° handeln. Man hätte also den Anfang des Zeichens der Fische ca. 2° westwärts vom Ort des jetzigen Frühlingspunkts zu legen und erhielte, wenn man von da aus die Zeichen zu je 30° auf einander folgen ließe, eine ziemliche Übereinstimmung der Zeichen und Sternbilder gleichen Namens. So lägen z. B. Aldebaran (α Tauri), Castor und Pollux (α und β Gemin.), Regulus (α Leonis), Spica (α Virginis), Antares (α Scorpii) in den entsprechend benannten Zeichen. Man hätte dann konsequenterweise vom Frühlingspunkt im Zeichen und Sternbild der Fische zu sprechen, ebenso vom Herbstpunkt im Zeichen und Sternbild Jungfrau, vom Sommersolstitium im Zeichen und Sternbild Zwillinge, vom Wintersolstitium im Zeichen und Sternbild des Schützen.

Der Verfasser hebt hervor, daß historische Gründe gegen seinen Vorschlag nicht in Betracht kommen können, da das historische Moment infolge Festhaltens der alten Zeicheneinteilung gar nicht dadurch berührt werde. Er macht ferner noch geltend, daß auch die für die Orientierung des Laien am Himmel so wichtigen Angaben über die Mondbewegung in den meisten Kalendern sich auf die jeweiligen Zeichen der Ekliptik beziehen, in denen der Mond sich befindet. Die Verfolgung dieser Stellungen, insbesondere um die Zeit vor und nach dem ersten Viertel, sei aber für die Allgemeinheit ein vorzügliches, und vielleicht das beste und einfachste Mittel jene Orientierung zu gewinnen. Auch im Hinblick hierauf sei die vorgeschlagene Änderung von Wert. Der Verfasser spricht den Wunsch aus, daß bei der Verfassung von Lehrbüchern und der Herstellung neuer Sternkarten und Himmelsgloben von dem bisherigen verwirrenden Verfahren ganz abgesehen werde.

Das wichtigste scheint uns zu sein, daß der tadelnswerte Gebrauch aus den Kalendern verschwindet. Es ist erfreulich, daß gerade von maßgebendster Stelle bereits eine uneingeschränkte Zustimmung zu der Darlegung von Adamczik erfolgt ist. In einer Zuschrift an die Redaktion des „Weltall“ (Heft 13 vom 1. April 1903) erklärt der Direktor der Berliner Sternwarte, Herr G. R. Wilhelm Foerster, daß er sich bemühen werde, zur Beseitigung der bezüglichen Übelstände in der astronomischen Pädagogik und in den Kalendern beizutragen. *P.*

---

5. Technik und mechanische Praxis.

Weiteres von der Quecksilberdampflampe. Über die in neuerer Zeit von P. Cooper-Hewitt mannigfach veränderte Hg-Lampe, deren erste brauchbare Form ja von Arons herrührt (*diese Ztschr. X. 37. 1897*) und die, in der Phys.-Techn. Reichsanstalt wesentlich verbessert, seit Jahren ein wichtiges Hilfsmittel bei optischen Präzisionsmessungen bildet, ist in dieser Zeitschrift schon ausführlich berichtet worden (*XV, 241÷244 und 301÷302, 1902*). Die von Hewitt eingeführte wichtige und für eine allgemeinere Anwendung bedeutungsvolle Neuerung besteht darin, daß: durch Vergrößerung der Lampenoberfläche in Gestalt einer Kühlkammer die sonst notwendige Wasserkühlung in Fortfall kommen kann. Nach neueren Arbeiten scheint aber die Quecksilberlampe, sowohl in der neuen wie in der alten Form, noch weiterer Anwendung, denn als Lichtquelle, fähig zu sein.

Zur Einleitung des Stromdurchganges mußte Arons erst durch Schütteln der Lampe die Elektroden miteinander zur Berührung bringen — entsprechend dem Zusammenführen

der Kohlenstifte bei den gewöhnlichen „Bogen"-Lampen; die einmal eingeleitete Entladung kann dann unterhalten werden mit geringerer Spannung, als dem Elektrodenabstand als Funkenstrecke betrachtet entspricht, d. h. die **Betriebsspannung ist kleiner als das Entladungspotential.** Die Gasstrecke erlangt also durch die Einleitung der Entladung eine besondere Veränderung ihrer Leitfähigkeit, die beim Aufhören der Entladung wieder verschwindet, ebenfalls ein ganz ähnliches Verhalten wie bei den gewöhnlichen Bogenlampen. Schaltet man nun nach Duddel einem Kohlelichtbogen eine Kapazität C und eine Selbstinduktion L in Reihe parallel (*diese Ztschr. XIV, 298, Fig. 3, 1901*), so wird die Lichtbogenentladung diskontinuierlich infolge Entstehens elektrischer Schwingungen von der Periode $T = 2\pi\sqrt{LC}$ in dem von C, L und dem Bogen gebildeten Kreise. Ist nun die Entladung in einer Quecksilberlampe eine der gewöhnlichen Lichtbogenentladung nahe verwandte bezw. ihr dem Wesen nach gleiche Erscheinung, so muß sich auch bei dieser unter gleichen Umständen eine solche „Unterbrecherwirkung" einstellen. Eine solche beobachteten auch Simon und Reich an einer kugelförmigen Lampe von 15 cm Dm., gespeist mit Gleichstrom von 3000 Volt und 0,5 Amp., während als Kapazität eine Leydener Flasche diente (*Phys. Ztschr. IV, 364÷72, 1903*); die Zündung mußte durch Schütteln der Lampe bewirkt werden, worauf dann immer für einige Sekunden kräftige Schwingungen auftraten, wie sich mit Hilfe einer Oudin-Seibtschen[1]) Resonanzspule (*diese Ztschr. XV, 352÷353, 1901*) von 2 m Länge, enthaltend ∾ 400 m Draht von 0,5 mm Dm. in ∾ 3000 Windungen sehr schön nachweisen ließ. Die Schwingungszahl, durch Veränderung der benutzten Selbstinduktion veränderlich, erwies sich von der Größenordnung 50 000 ÷ 1 000 000 in der Sekunde. Auch Gleichstrom von 5000 Volt genügte nicht, die Erscheinung als dauernd zu erhalten, vielmehr wirkte bei eintretender Zündung die ohne Vorschaltwiderstand eingeschaltete Lampe nur als Kurzschluß; **eine gewöhnliche Funkenstrecke in Luft oder Öl lieferte die Erscheinung überhaupt nicht.** Im Gegensatz hierzu beobachtete Hewitt selber eine solche Unterbrecherwirkung bei Anwendung hochgespannten Wechselstromes (*Electric Review 42, No. 8, 21. II. 1903*); auch Simon und Reich setzten ihre Versuche unter Benutzung eines solchen fort (*Physik. Ztschr. IV, l. c.*) und bedienten sich dazu der in Fig. 1 dargestellten Anordnung.

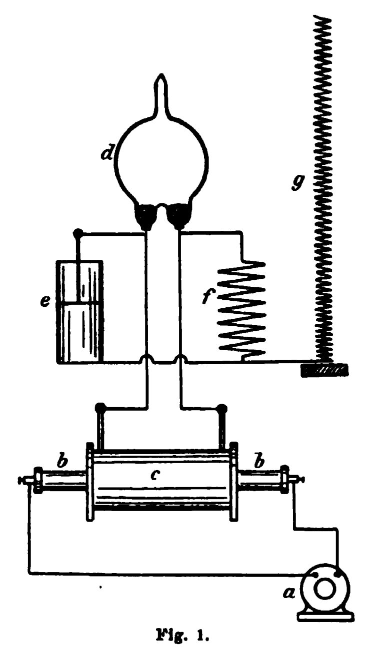


Fig. 1.


Fig. 2.

a ist eine Wechselstrommaschine von 180 Volt Spannung, b die Primärspule — von 648 Windungen —, c die Sekundärspule eines Induktoriums von Klingelfuß für 40 cm Schlagweite, d die Hg-Lampe, e und f der Schwingungskreis, g die Resonanzspule; bei 6 Amp. primär und vollkommener Resonanz treten am Ende von g Büschel von 40 bis 50 cm Durchmesser auf, als Lampen sind alle möglichen Formen geeignet, e kann ganz klein von wenigen cm² Belegung sein. Durch Photographieren der Elektroden auf einen bewegten Filmstreifen läßt sich die Entladung auflösen, und man findet dann, daß: **innerhalb jedes Wechsels der Maschine eine ganze Anzahl von „Zündungen" eintreten, deren jede sich durch das an beiden Elektroden auftretende Kathodenlicht**

[1]) Die einpolig an einen Schwingungskreis angeschlossene und mit diesem in Resonanz befindlich sehr hohe Spannungen zeigende Spule rührt **nicht von Seibt** her, sondern, wie schon früher erwähnt (*diese Ztschr. XV, 352÷353, 1902*), von Oudin.

als oszillatorische Entladung erweist [vergl. Fig. 2[2])]. Diese Erscheinung läßt sich aber auch mit einer gewöhnlichen Funkenstrecke erhalten, es stellt somit die Quecksilberlampe in diesem Falle eine Vakuumfunkenstrecke dar, die den gewöhnlichen Funkenstrecken gegenüber sich durch ein relativ hohes Entladungspotential auszeichnet — bei den Versuchen von Simon und Reich 14000÷50000 Volt, ohne eine dementsprechend höhere Dämpfung zu besitzen. Es ließen sich nun auch weiter mit Gleichstrom dauernde Schwingungen erzeugen, wenn auch dabei die verwendete Spannung dem Entladungspotential der Lampe entsprach, so z. B. mit 5000 Volt bei Verwendung einer Lampe von 5—6000 Volt Entladungspotential mit der Sekundärspule des erwähnten Induktoriums als Selbstinduktion, sowie mit einer Hochspannungsbatterie von 5000 Volt. Gewöhnliche Funkenstrecken geben anfangs ebenfalls kräftige Schwingungen, die Entladungsform geht aber sehr rasch in die eines Lichtbogens über. Untersucht man diese Vorgänge rechnerisch, so zeigt sich, daß es sich hier um einen oszillatorischen Ladungsvorgang handelt. Die Entladungsschwingungen sind stark gedämpft, demnach treten zwischen den Schwingungsgruppen relativ lange Pausen ein; man kann aber durch geeignete Wahl der Konstanten des Systems wie der Betriebsspannung die Ladungs- mit den Entladungsschwingungen soweit miteinander in Einklang bringen, daß die Pausen bis zur ununterbrochenen Aufeinanderfolge der Entladungswellenzüge abgekürzt werden.

Die geschilderten Eigenschaften eröffnen der Quecksilberlampe ein neues Anwendungsgebiet, und zwar als Vakuumfunkenstrecke in Fällen, wo es sich um Erzeugung ununterbrochen aufeinanderfolgender Schwingungen der erwähnten Größenordnung handelt, und ein solches Anwendungsgebiet ist die Wellentelegraphie. Die Möglichkeit, hierbei durch Anwendung der Duddellschen Schaltung namentlich in Hinblick auf Erreichung einer Syntonie wesentliche Fortschritte zu erzielen, ist erst neuerdings von A. Righi erörtert worden (Righi und Dessau, Die Telegraphie ohne Draht, Braunschweig 1903, S. 463). Während Marconi und die anderen bei ihren ersten Versuchen Righierreger, die nur kurze Wellen aussenden, mit angehängter Antenne verwendeten, in der Meinung, daß letztere gewissermaßen wie ein Resonanzboden bei einer Stimmgabel wirke, äußerte zuerst Ascoli (*Beiblätter XXII, 610, 1898*), daß es sich vielmehr in diesem Falle um einen Erreger Hertzscher Form von großer Wellenlänge handele. In einen solchen ging Marconis Anordnung auch über, als er 1899 statt des Righierregers nur noch eine einfache Funkenstrecke benutzte. Schon früher hatte Lebedew gezeigt (*Wied. Ann. LVI, 9, 1895*), daß die Energie der Strahlung mit der Wellenlänge zunimmt, und 1898 sprach F. Braun ausdrücklich die Absicht aus: „mit längeren Wellen arbeiten zu wollen, wie sie bei Entladung von Leydener Flaschen der üblichen Größe in einem Kreise von mäßiger Selbstinduktion entstehen“ (*Phys. Ztschr. IV, 361÷364, 1903*). Auch von anderen ist die Zweckmäßigkeit längerer Wellen zur Erreichung einer guten Wirkung betont (*B. v. Czudnochowski, Phys. Ztschr. II, 105÷107, 1900*), sowie theoretisch diskutiert worden (*Abraham, Wied. Ann. LXVI, 435, 1898*), trotzdem ist man lange über diesen Punkt uneins gewesen, bis Lindemann (*Dissertation, Rostock, Ann. d. Phys. II, 376, 1900*) den Nachweis lieferte, daß die Eigenschwingungen des Righierregers bei Anwendung einer Antenne einer von den Abmessungen dieser abhängigen Schwingung sehr großer Wellenlänge superponiert sind; die neueren Anordnungen für Wellentelegraphie arbeiten nur noch mit diesen langen Schwingungen. Hier sind die zwischen den Wellenzügen der Einzelentladungen auftretenden Pausen relativ sehr groß; dies erschwert einmal die sichere und schnelle Zeichenübermittelung, setzt aber ferner der in Strahlung umzusetzenden Energiemenge Grenzen, und außerdem ist gerade das Auftreten von gedämpften Wellenzügen abwechselnd mit Pausen vollkommener Ruhe wohl der Hauptgrund für die bisher so wenig befriedigenden Ergebnisse aller Versuche, eine auf Resonanz zwischen Geber und Empfänger beruhende abgestimmte Telegraphie zu erzielen. Nach den früheren Ausführungen bietet nun hier die Quecksilber-

[2]) Schematisch nach Simon und Reich, l. c. Fig. 6.

lampe als Vakuumfunkenstrecke die Aussicht auf Erfolg. Zunächst bietet sie, wie oben ausgeführt, ein Mittel, die Pausen zum Verschwinden zu bringen; ferner gestattet sie, ohne gleichzeitige Steigerung der Dämpfung das Entladungspotential und damit die in die Schwingungen hineinzugebende Energiemenge sehr erheblich zu steigern. Nun blieb aber, selbst bei völligem Verschwinden der Pausen, immer noch der Übelstand bestehen, daß infolge der Dämpfung die einzelnen Schwingungen ungleiche periodisch veränderliche Amplituden besitzen, während doch das erstrebte Ziel ist: Schwingungen konstanter Amplitude in ununterbrochener Folge zu erzeugen. Dies ließe sich so erreichen, daß man durch entsprechende Wahl der in Betracht kommenden Größen die Dämpfung soweit treibt, daß schon die Amplitude der zweiten Schwingung jedes Wellenzuges verschwindend klein wird, und andererseits die Konstanten des Primärstromkreises so wählt, daß schon nach Ablauf einer Schwingung der Entladung eine neue „Zündung“ eintritt. Ein anderer, auch von Simon und Reich besprochener Weg ist der, statt der symmetrischen Vakuumfunkenstrecke elektrische Ventile anzuwenden, welche, wie das sogen. Ventil von Gaugain (*Riefs, Abhdlgn. zur Reibungsel. I, 133÷151. und Fig. 5. 1867*) oder die Trichterröhre von Holtz (*Wied. Ann. X, 336, 1880*), für Ströme bestimmter Richtung einen geringen Widerstand zeigen. In diesem Falle würde sich dann der Vorgang — immer die Speisung mit Gleichstrom vorausgesetzt — so abspielen: Aufladen der Kapazität — Entladung durch die Funkenstrecke und damit umgekehrtes Laden der Kapazität — Ausgleich dieser Ladung gegen die Stromquelle — erneute Aufladung durch die Stromquelle u. s. w.; es wäre dann allein der Kapazitätskreis von einem hochfrequenten Wechselstrom durchflossen. Zur Verwirklichung des Gesagten bedarf man also einer Ventilwirkung zeigenden Quecksilberlampe.

Die Lampen von Hewitt sind nun im Gegensatze zu denen von Arons und den Versuchsvorrichtungen früherer Experimentatoren (*vergl. diese Zeitschr. XV 301÷302, 1902*) unsymmetrisch: ihre — Elektrode besteht aus Quecksilber, ihre + Elektrode aus Eisen bezw. Stahl. Der Hauptsitz des hohen Anfangswiderstandes ist die — Elektrode, und muß der Zündstrom hoher Spannung die gleiche Richtung haben wie der Betriebsstrom (v. Recklinghausen, *E.T.Z. XXIII. 494÷495; 1902*). Es ist aber Hewitt jetzt gelungen, diese hier offenbar vorliegende „Ventilwirkung“ noch weiter zu steigern, sodaß nur Ströme bestimmter Richtung von der Lampe merklich durchgelassen werden, sodaß dieselbe bei Anwendung von Wechselstrom als „Gleichrichter“ wirkt. Eine ähnlichen Zwecken dienende Einrichtung ist der Aluminiumgleichrichter von Graetz (bestehend aus je einen Aluminiumpol enthaltenden Zellen, welche jede 22 Volt abdrosseln.) Hewitt hat so einen sehr einfachen und handlichen Apparat hergestellt, der die Umwandlung von Drehstrom in Gleichstrom in sehr bequemer Weise gestattet (*E.T.Z. XIV, 187÷188; 1903*); derselbe besteht in einer kugelförmigen Lampe mit 1 Quecksilber- und 4 oberen Stahlelektroden. Von den letzteren werden drei an je eine Klemme der drei in Sternschaltung verbundenen Phasenwickelungen angeschlossen; von deren Nullpunkt und der Quecksilberelektrode gehen dann die beiden Gleichstromleitungen aus (vergl. Fig. 3). Hewitt benutzte eine Lampe von 175 mm Durchmesser und 230 mm Länge, welche unter Umsetzung einer Leistung von ∼ 8 K.W. 200 Glühlampen von je 16 Kerzen speisen konnte und ein Gewicht von ∼ 1,4 kg besaß. Der Spannungsabfall in der Lampe beträgt 14÷6 Volt, der Wirkungsgrad bei 1800 Volt 99 %, bei 600 Volt 95 %; die Betriebsspannung läßt sich auf 3000, ja wahrscheinlich bis auf 10 000 Volt steigern. Daß eine so einfache, keiner Wartung bedürftige und wenig Raum einnehmende Vorrichtung

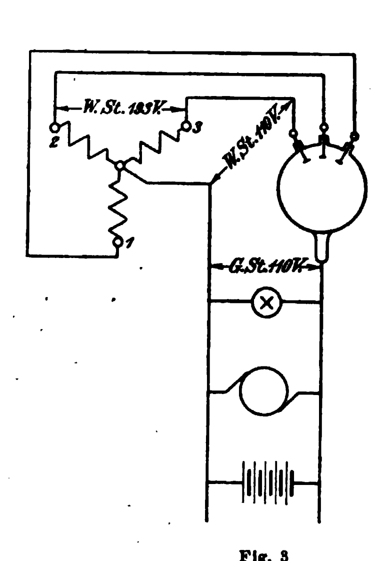


Fig. 3

dem für hohe Spannungen sehr umfangreichen Aluminiumgleichrichter vorzuziehen ist (unter Voraussetzung genügender Betriebssicherheit und Dauerhaftigkeit), bedarf keines Hinweises; das Gelingen dieser Versuche eröffnet aber auch die Aussicht auf die mögliche Erreichung des oben angedeuteten Zieles zur Vervollkommnung der Wellentelegraphie.

Von großer Wichtigkeit sind nun in diesen Fällen die sich an der Quecksilberelektrode abspielenden Vorgänge. Zunächst tritt bei freier Quecksilberoberfläche ein stetes unregelmäßiges Umherwandern des Lichtbogenursprunges ein, wogegen Hewitt besondere Mittel anwenden mußte (*d. Zeitschr. XV 242, Fig. 1, F*). In sehr einfacher Weise kann man dieser Unruhe nach v. Recklinghausen steuern, wenn man den Platinzuführungsdraht etwas über die Quecksilberoberfläche hinausragen läßt; dann haftet der wandernde Lichtpunkt an dessen Austrittsstelle (*E.T.Z. XXIV, 495, Spalte 3*). Tatsächlich ist dieser Lichtpunkt der Ursprung eines kurzen Lichtbüschels und drückt eine kleine Vertiefung in die Kathodenoberfläche; Versuche von v. Recklinghausen lassen es als sehr wahrscheinlich erscheinen, daß die Haupt-Stromleitung nur durch dieses Büschel erfolgt; denn eine mit zwei in demselben Sinne von der Anode, jedoch in verschiedenem Abstande von dieser gelegenen Kathoden versehene Röhre zeigte, daß nach Einleitung der Entladung durch die ganze Röhre die der Anode nähere Kathode trotz ihrer unmittelbaren leitenden Verbindung mit der zweiten und der Stromquelle doch erst dann die Stromleitung übernahm, wenn durch regelrechte Zündung mit hoher Spannung ein solches Büschel auf ihr erzeugt war. In einem senkrecht zur Strombahn stehenden Magnetfeld wird die gesamte Lichtsäule in bekannter Weise abgelenkt; ein eigentümliches Verhalten zeigt aber dabei nach Versuchen von Stark (*Verh. Dtsch. Phys. Ges. V, 87÷89; 1903*) das erwähnte Büschel, insofern sein oberer Teil wie die Lichtsäule, sein unterer Teil jedoch in entgegengesetzter Richtung an die Glaswand getrieben wird und sich dabei um so tiefer in das Quecksilber eingräbt, je stärker das Magnetfeld ist. Bei $\mathfrak{H} = \sim 5000$ und 3 Amp. Lampenstrom betrug die Einsenkung *15 mm*. Diese merkwürdige Erscheinung deutet auf relativ starke Druckkräfte, die einer näheren Untersuchung zugängig scheinen. Hierbei haben nun Stark und Reich weitere interessante Erscheinungen gefunden (*Phys. Zeitschr. IV, 321÷324; 1903*). Sie benutzten einfache bogenförmige symmetrische Röhren Aronsscher Anordnung, welche an den Elektrodenenden kleine angeschmolzene und gut ausgepumpte Manometerröhrchen besaßen; eine der Röhren war im Scheitel der Biegung mit einem abwärts gerichteten Kondensationsgefäß versehen; der Druck des Restgases war $< 0{,}005$ mm. Mit Hilfe dieser Manometer findet man: in einer Röhre ohne Kondensationsgefäß steigt nach Einleiten der Entladung der Dampfdruck langsam in den ersten 2 Minuten; sobald die Temperatur soweit gestiegen ist, daß innen kleine Quecksilbertröpfchen verdampfen, rasch von $\sim 2 \div 10$ mm, während gleichzeitig die Spannung steigt, die Stromstärke sinkt; dann steigt der Druck langsam weiter auf 15 mm. Bei dauerndem Betriebe tritt sodann infolge der hohen Temperatur Erweichen der Röhre ein; Konstanthalten der Stromstärke führt sehr rasch zur Zerstörung der Röhre. Besitzt die Röhre ein Kondensationsgefäß, so steigt der Dampfdruck bis zu einem stationären Werte von $2 \div 5$ mm. Diese Beobachtungen erklären sowohl die Abhängigkeit der Quecksilberlampe von der Außentemperatur, als auch die Bedeutung der Kühlkammer. An beiden Elektroden angebrachte Manometer zeigten, wenn die Elektroden in Querschnitt und Quecksilbermenge kongruent sind und kein Quecksilber zurücktropfen kann, keine Unterschiede in ihren Angaben. Sind nun auch die Drucke auf die Elektroden gleich, so sind die auf die Strombasis ungleich. An der Kathode ist diese kleiner, daher der spezifische Druck größer als an der Anode, und zwar um den Betrag der erwähnten Vertiefung; dieser Überdruck läßt sich durch die mittelbar eine Folge der kleinen Strombasis darstellende starke Verdampfung durch die Joulesche Wärme erklären. Ein leicht beweglich im Röhrenscheitel aufgehängtes Glimmerblatt zeigt bei Erhitzung einer der Elektroden der stromlosen Lampe eine Dampfströmung nach der kälteren Elektrode an; bei Stromdurchgang zeigt der Ausschlag des Glimmerblättchens einen Dampfstrom Anode → Kathode. Hiermit stimmt überein, daß bei einer längere Zeit in Betrieb befindlichen Röhre ohne

Kondensationsgefäß — Kühlkammer — das Quecksilber an der Kathode sich vermehrt, an der Anode vermindert; bei Vorhandensein eines Kondensationsgefäßes nimmt dagegen das Quecksilber an beiden Elektroden ab, an der Anode jedoch in stärkerem Maße. Der in das Kondensationsgefäß eintretende Dampfstrom ist sichtbar, er leuchtet; sein Aussehen ändert sich vom Beginn des Stromdurchganges bis zur Erreichung eines stationären Zustandes entsprechend den Druckdifferenzen zwischen Kühlkammer und Bogenraum: mit zunehmender Druckdifferenz tritt Zusammenziehung des anfänglich stark divergierenden Dampfstrahlbüschels und Schwächerwerden der ursprünglich vorhandenen Schichten ein bis zu ihrem völligen Verschwinden und Ausbildung eines zylindrischen Strahles. Auch dieser Dampfstrahl übt Druckwirkungen aus.

Nach dem allen dürften wohl bald weitere überraschende Tatsachen betreffs der Quecksilberlampe zu erwarten sein, die, wie schon früher ausgeführt, die älteste elektrische Lampe ist. *W. B. v. Czudnochowski.*

Über die Antifriktionslagerung und über ein Dynamometer für kleine Kräfte. Von I. I. Taudin Chabot (Physikal. Ztschr. III, 513—515, 1902). Die Antifriktionslager haben nach dem Verf. den Zweck, bei bewegliche Organe besitzenden physikalischen Apparaten „Lecks zu verstopfen, durch welche ein Teil der zirkulierenden Energie verloren geht", wenigstens nach Möglichkeit. Man hat zweierlei Arten solcher Lager zu unterscheiden: 1) die Kugel- oder Rollenlagerung, welch letztere z. B. bei der Atwoodschen Fallmaschine Verwendung findet, 2) die auf dem Archimedischen Prinzip bezw. dem Auftrieb beruhende, wie sie z. B. von Ampère und Faraday bei elektromagnetischen Drehapparaten verwendet werden, und bei den Fluidkompassen allgemein benutzt wird. Während für die zweite Art im allgemeinen die richtige Bemessung des Schwimmkörpers genügt, sind für die erstere Gattung, besonders für das Kugellager, mehrere Punkte maßgebend, es muß: 1) die Gesamtmasse der Lagerkugeln gegen die Gesamtmasse des gelagerten Systems verschwindend klein sein 2) innerhalb der gegebenen Grenzen der Durchmesser der Lagerkugeln möglichst groß sein 3) der Durchmesser des gesamten Lagers möglichst klein sein.

Ist δ der Durchmesser einer und n die Anzahl der Lagerkugeln, so ist der Lagerdurchmesser:

$$\text{innen: } d = \delta\left(\frac{1}{\sin\frac{180}{n}} - 1\right), \quad \text{und außen: } D = \delta\left(\frac{1}{\sin\frac{180}{n}} + 1\right).$$

Die Reibung soll möglichst nur rollend, nicht gleitend sein.

Zur Beurteilung der Güte einer solchen Lagerung ist für eine bestimmte gelagerte Masse das zur Bewegung derselben nötige kleinste Drehmoment zu bestimmen. Das vom Verf. hierzu benutzte Dynamometer besteht aus einem an einem Coconfaden aufgehängten Gewicht P; der Faden spielt über einer Kreisteilung und wird im Abstande r vom Aufhängepunkt von einem an der (vertikal stehenden) Achse des gelagerten Systems befestigten Hebel berührt. Wird nun der Aufhängepunkt tangential zur Achse bewegt, so wird der Faden durch den Hebel aus der Vertikalen abgelenkt, wodurch ein mit der Ablenkung wachsendes Drehmoment seitens P auf den Hebel und damit auf das gelagerte System ausgeübt wird, für welches, wenn α die Fadenablenkung ist, gilt:

$$F = r \,.\, P \sin\alpha \cos\alpha = \frac{r\,P}{2} \sin 2\,\alpha.$$

Für eine gelagerte Masse $M = 2750$ g bei $\delta = 7{,}95$ mm, $n = 8$, $P = 20{,}0$ g, $r = 180$ mm, $\alpha = 2^0$ fand der Verfasser demnach $F = 12{,}564$ g. Auf Grund dieses wie eines Versuches mit $M = 9000$ g berechnet Verfasser für einen erdmagnetischen Rotationsapparat von $M = 4800$ und einem Magnetisierungsmaximum $m = 7 \,.\, 10^5$ (cm$^{5/2}$ g$^{1/2}$ sec^{-1}) bei Verwendung desselben Kugellagers eine Horizontalintensität $H = 0{,}035$ (cm$^{-1/2}$ g$^{1/2}$ sec^{-1}) als zur Drehung des normal zur erdmagnetischen Ortsebene orientierten Apparates eben noch hinreichend.

B. v. Cz.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Das Buch der Natur von Friedrich Schödler. 23. vollständig neubearbeitete Auflage. In drei Teilen. Zweiter Teil, zweite Abteilung: Mineralogie und Geologie, von Prof. Dr. B. Schwalbe. Unter Mitwirkung von Dr. E. Schwalbe beendet und herausgegeben von Prof. Dr. H. Böttger. Mit 418 Abbildungen und 9 Tafeln. XXV und 766 S. M 12, geb. M 13,50.

An dem hier vorliegenden Buche hat der verewigte Bernhard Schwalbe in der letzten Zeit seines Lebens mit besonderer Liebe gearbeitet. Denn ein von Jugend auf gehegter Wunsch von ihm ging dahin, einmal nach dem Vorbilde Humboldts ein großes zusammenfassendes Werk über die physikalische Geographie unseres Erdballes zu schreiben. Andere Pflichten haben ihn zur Ausführung dieses Vorhabens nicht kommen lassen. Aber diese Darstellung der Mineralogie und Geologie zeigt, in welcher Weise er auch die größere Aufgabe zu bewältigen verstanden hätte. Die Materialien zu dieser Darstellung waren von lange her gesammelt, namentlich zur Geologie, für die er bereits 1879 ein kurzgefaßtes Lehrbuch veröffentlicht hat. Erinnert sei auch an seinen anregenden Aufsatz über das geologische Experiment in der Schule, der im zehnten Jahrgang dieser Zeitschrift erschienen ist.

Als der Tod dem Nimmerrastenden die Feder aus der Hand nahm, war das Buch erst bis zum 28. Bogen gedruckt; für den Rest lagen nur unvollständige Aufzeichnungen vor, die der Herausgeber H. Böttger in pietätvollster Weise verbunden und zu einem Ganzen vervollständigt hat. Das Werk umfaßt nunmehr die allgemeine Mineralogie (S. 4—59), die spezielle Mineralogie nebst Zusammenfassungen über Verbreitung, Vorkommen, Gewinnung und Verwendung der Mineralien (S. 60—154); dann als Hauptteil die Geologie (S. 155—602), die gegliedert ist in Gesteinslehre, historische Geologie, dynamische Geologie, postpliocäne Zeit und Erdentstehung. Dankenswerte Ergänzungen sind auch die von E. Schwalbe verfaßten Abschnitte über die Deszendenztheorie und über den prähistorischen Menschen. In mehreren umfangreichen Anhängen, für die noch fast nichts vorbereitet war, hat H. Böttger, eine im Gesamtplan bereits angegebene Absicht Schwalbes ausführend, noch folgende Abschnitte hinzugefügt: eine Übersicht über die Krystallsysteme nach der Symmetrie der Krystallformen (S. 603—685); einen Exkurs über Höhlen, über die Schwalbe selbst mehrfach Forschungen angestellt hatte (S. 686—708); eine Darstellung der Orogenie (S. 708—743); endlich einen Abriß der erwähnten Abhandlung über das geologische Experiment in der Schule (S. 743—747). Den Schluß bildet ein sehr genaues Register (S. 749—766).

Die Ausstattung des Werkes ist eine ganz vorzügliche; insbesondere befindet sich unter den Abbildungen eine große Zahl von phototypischen Vollbildern. Das Werk stellt in jeder Hinsicht ein würdiges Denkmal des dahingeschiedenen Verfassers dar. Bemerkt sei schließlich noch, daß von diesem Band auch eine Sonderausgabe unter dem Titel: Grundriß der Mineralogie und Geologie von Prof. Dr. B. Schwalbe erschienen ist, die sich als brauchbares Handbuch für den in diesen Gegenständen unterrichtenden Lehrer erweisen wird. *P.*

Lehrbuch der Physik. Von O. D. Chwolson, Professor an der k. Universität zu Petersburg. Übersetzt von H. Pflaum, Oberlehrer in Riga. I. Band. XX und 791 S. Mit 412 Abbild. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1902. M 12, geb. M 14.

Dies Werk des bekannten russischen Physikers hat bereits in der deutschen Fachliteratur hohe Anerkennung gefunden; auch E. Wiedemann hebt in einem kurzen Begleitwort die hervorragende Bedeutung des Werkes hervor und mißt ihm einen besonderen Wert für unsere ganze Unterrichtsmethode bei. Dies dürfte besonders bei den sehr sorgfältig dargestellten Grundlehren der Mechanik zutreffen, in denen auf prinzipielle Fragen genauer eingegangen wird, als es sonst selbst in größeren Lehrbüchern zu geschehen pflegt. Als „ursprüngliche" Größen, die keine Definition zulassen, werden Länge, Zeit, Druck und Geschwindigkeit eingeführt; die Grundgleichungen werden nicht als schlechthin identische Gleichungen angesehen, wie dies sonst häufig geschieht, so ist z. B. Dichte nicht die Masse der Volumeinheit, sondern sie wird durch die Masse der Volumeinheit „gemessen". Für spezifisches Gewicht wird die Bezeichnung Gewichtsdichte, im Gegensatz zu Massendichte, eingeführt, wofür jedoch keine Nötigung vorhanden sein dürfte, obwohl zuzugeben ist, daß das spezifische Gewicht nicht als ein Gewicht definiert werden darf. Besonders sorgfältig und ausführlich sind die Abschnitte über Arbeit und Energie behandelt. Neu ist, daß auch die ganze Theorie der Strahlung schon in der Mechanik im Anschluß an die harmonische Bewegung vorgeführt wird. (Vom Huygensschen Prinzip wird gesagt, daß die bekannte Ableitung für das Zustandekommen eines Strahls keine ganz strenge Kritik vertragen kann und daß den Strahlen keinerlei reale Bedeutung zukommt.) Originell ist auch, daß die spezielle Mechanik mit den gasförmigen Körpern beginnt; dann erst folgen die flüssigen, zum Schluß die festen Körper.

Das Werk, dessen russische Ausgabe bereits in der zweiten Auflage vorliegt, umfaßt noch drei weitere Bände, die in kurzen Zwischenräumen erscheinen sollen. Der Inhalt ist, nach dem ersten Bande zu urteilen, in theoretischer wie experimenteller Hinsicht so reichhaltig und auch den neuesten Forschungen Rechnung tragend, daß das Werk sich als ein Grundwerk neben die besten vorhandenen stellen wird. *P.*

Wellenlängen-Tabellen für spektralanalytische Untersuchungen. Auf Grund der ultravioletten Funkenspektra der Elemente von Prof. Franz Exner und Dr. E. Haschek. Teil I, 83 S. Teil II, 269 S. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1902.

Die Verfasser sind zur Ausführung dieser mühevollen Untersuchung geführt worden durch die Absicht, mittels spektralanalytischer Untersuchung des in Wien vorhandenen Meteoritenmaterials etwaige kosmische Elemente nachzuweisen. Dazu war erforderlich, die Spektra aller bekannten Elemente nach einer einheitlichen Methode und mit dem erforderlichen Grad von Genauigkeit auszumessen. Zur Erzeugung der Funken diente ein Hochspannungstransformator, der dem Induktorium an Leistungsfähigkeit weit überlegen ist. Das Spektrum wurde mit einem Rowlandschen Konkavgitter von 15 engl. Fuß Krümmungsradius und 20000 Linien auf den engl. Zoll entworfen und auf hochempfindlichen Bromsilbertrockenplatten fixiert. Der Aufnahmebereich erstreckte sich vom äußersten Violett bis ins Blau von der Wellenlänge 4700 Angström-Einheiten. Gegenüber den Einwänden von H. Kayser halten die Verfasser die Vorzüge ihrer Methode aufrecht. Die Tabellen, die den Hauptinhalt des Buches bilden, enthalten erstens eine Zusammenstellung der Hauptlinien aller 75 untersuchten Elemente, zweitens eine nach Wellenlängen geordnete Zusammenstellung der stärkeren Linien aller Elemente, und drittens die vollständigen Spektren der einzelnen Elemente. Die Verfasser haben mit dieser verdienstvollen Arbeit ein Grundwerk geliefert, wie es bisher noch nicht vorhanden war. Die neuerdings (1900) von Kayser ausgeführte Bestimmung einer Reihe von Standardlinien im Bogenspektrum des Eisens konnte von den Verfassern nicht mehr benutzt werden. Dagegen haben ihnen die von Rowland und von Kayser gemessenen Linien des Platinspektrums zur Kontrolle gedient und eine befriedigende Übereinstimmung ergeben. *P.*

Anleitung zur Aufstellung von Wettervorhersagen für alle Berufsklassen, insbesondere für Schule und Landwirtschaft, gemeinverständlich bearbeitet von Prof. Dr. W. J. van Bebber, Abteilungsvorstand der deutschen Seewarte. Mit 16 Abbildungen. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1902. 38 S. M 0,60.

Das Schriftchen des bekannten Meisters der Witterungskunde ist aus langjährigen Erfahrungen hervorgegangen und enthält in gedrängter Darstellung alles Wissenswerte in Bezug auf die Praxis der Wettervorhersage. Die Wetterprognosen der Zentralstellen setzen bekanntlich voraus, daß der Empfänger mit den Grundzügen der Witterungskunde hinreichend vertraut ist, um auf Grund lokaler Beobachtungen die Prognosen richtig zu verwerten. Hierzu vor allem will das Schriftchen anleiten; sein wichtigster Bestandteil sind die Charakteristiken der fünf Hauptwettertypen, die für Europa in Betracht kommen und die in Tabellenform übersichtlich zusammengestellt sind. Eine noch übersichtlichere Zusammenordnung der Wetterkärtchen mit dem gesamten zugehörigen Text dürfte bei einer neuen Auflage, selbst auf Kosten einer geringen Vermehrung des Umfanges, ratsam sein. *P.*

Grundrifs der Elektrotechnik, für technische Lehranstalten. Von Dr. Wilhelm Brüsch. XII und 168 Seiten, 248 Fig. Leipzig 1902. B. G. Teubner. Geb. 3 M.

Das vorliegende Buch, entstanden aus dem dem Ref. leider nicht bekannten „Leitfaden der Elektrizität im Bergbau" durch Weglassung alles Speziellen und Erweiterung hinsichtlich des Allgemeinen, gibt trotz seines geringen Umfanges eine recht vollständige Übersicht über die Starkstromtechnik der Gegenwart. Der Verf. behandelt in 20 inhaltlich gut abgerundeten Vorträgen, sehr zweckmäßig ausgehend vom magnetischen Felde, zunächst die Beziehungen zwischen Elektrizität und Magnetismus, die Stromwirkungen, Primär- und Sekundärelemente und deren Schaltungen, Leitungen, Sicherungen und Hilfsapparate, dann die Induktion, Gleichstrommaschinen und -motoren, Wechselstrommaschinen und -motoren, die Kraftübertragung, die Beleuchtung, die Leitungsanlagen und die Minenzündung. Die besprochenen Vorrichtungen und Maschinen sind durch ganz vorzügliche Darstellungen in der Technik wirklich gebrauchter Ausführungen, meist unter Beifügung ihrer Schaltungsschemata, erläutert. Wichtiges ist durch fetten Druck hervorgehoben, minder Bedeutendes durch kleinen Druck gekennzeichnet Seiner Bestimmung, als Hilfsbuch beim Unterricht zu dienen, ist durch Anführung von Versuchen, die nicht allzu reiche Mittel voraussetzen, wie durch eingestreute Zahlenbeispiele Rechnung getragen.

Im einzelnen möchte Ref. auf folgende Punkte aufmerksam machen. Auf S. 2 fehlt eine Definition der Kraftlinieneinheit; zu beanstanden ist auch hier die zu Verwechselungen Anlaß gebende

Schreibweise *H* statt $\mathfrak{H}$. S. 27—29 fehlen leider die jetzt so viel gebrauchten Instrumente nach dem Deprez-d'Arsonval-Prinzip und S. 30 hätten den doch wichtigen Wattmetern etwas mehr Worte gewidmet werden können. S. 33 erscheint Ref. die Bezeichnung „Zeigerstrom“ und „Gegenzeigerstrom“ nicht glücklich gewählt. Auf S. 57 ist Fig. 72 unverständlich, da der Buchstabe *D* zweimal steht, außerdem wäre vielleicht die ausführliche Besprechung eines „selbsttätigen Regulators“ zweckmäßiger gewesen. Fig. 77b ist unzweckmäßig, da der dargestellte Schalter nur für Meßinstrumente brauchbar ist. Auf S. 120 vermißt Ref. in der Zusammenstellung von Kraftübertragungsanlagen einen Hinweis auf die neuen Anlagen in Amerika mit Spannungen von 40000—60000 Volt, sowie eine Erwähnung der elektrostatischen Voltmeter. Im 18. Vortrag (S. 124—137) ist zunächst nicht richtig, daß das Regelwerk einer Bogenlampe auf einer Wechselwirkung zwischen Magnetismus und Federkraft beruht, das ist einer der vorkommenden Fälle, aber kein allgemeiner Grundsatz; ferner wäre den Darstellungen der Haupt-, Nebenschluß- und Differentiallampe (Fig. 150—152) Einheitlichkeit mit Rücksicht auf die wirkliche Ausführung — auch im Schema — zu wünschen, schließlich wäre es sehr erfreulich, wenn statt der zwar ziemlich richtigen schematischen Zeichnung Fig. 156 endlich einmal eine wirklich der Wahrheit entsprechende Abbildung eines normalen Lichtbogens gegeben würde. — Trotz dieser Ausstellungen glaubt Ref. das Werk warm empfehlen zu können. *B. von Czudnochowski.*

Das Selen und seine Bedeutung für die Elektrotechnik. Mit besonderer Berücksichtigung der drahtlosen Telephonie. Von E. Ruhmer. 57 S. 49 Textfiguren. Berlin 1902. Verlag der Administration der Fachzeitschrift „Der Mechaniker“ (F. u. M. Harrwitz).

Die kleine Schrift zerfällt in drei Teile: Das Selen und seine Eigenschaften — Die Bedeutung des Selens für die Elektrotechnik — Die Telephonie ohne Draht. Der durch seine eigenen Arbeiten auf dem in Rede stehenden Gebiete bekannte Verfasser gibt ein recht klares, übersichtliches und vollständiges Bild von den Eigenschaften und Anwendungen des Selens, wobei besonders die zahlreichen geschichtlichen Angaben anzuerkennen sind. *B. v. Czudnochowski.*

Die Theorie der elektrolytischen Dissoziation. Von Max Roloff. Berlin, Julius Springer, 1902. IV u. 84 S. Ungeb. M 2.

Das Buch behandelt sehr eingehend und klar eine Frage, die, nachdem sie schon entschieden zu sein schien, jetzt von neuem aufgerollt wird, die Frage der elektrolytischen Dissoziationstheorie. Das Buch ist aus Vorträgen entstanden, die der Verf. vor Praktikern und Analytikern gehalten hat, und hat daher zunächst den Zweck, die Anwendbarkeit und Nützlichkeit der Ionentheorie für praktische analytische Fragen zu demonstrieren. Der Verf. entwickelt die experimentellen Grundlagen der Theorie und ihre geschichtliche Entwicklung sehr geschickt und vollständig. Er gibt kein erdrückendes Zahlenmaterial, führt jedoch die grundlegenden Originalarbeiten mit bemerkenswerter Vollständigkeit an und resümiert sie kurz und geschickt. Es wird gezeigt, wie die neue Theorie eine Fülle von früher unerklärbaren Erscheinungen auf den verschiedensten Gebieten der Physik und Chemie, besonders der analytischen Chemie, in einen einfachen Zusammenhang gebracht hat.

Die letzte Phase in der Geschichte der Theorie, die verschiedenartigen Versuche, die Abweichungen, welche die starken Elektrolyte von den einfachen Forderungen der Ionentheorie zeigen, zu erklären, wird nur wenig berücksichtigt. Der Verf. gibt dagegen — das ist das Neue an dem Buch — auf Grund einer einfachen Annahme eine Ableitung des van't Hoffschen Verdünnungsgesetzes, das bisher nur als empirische Interpolationsformel benutzt wurde. Sein Standpunkt ist dem von Arrhenius ähnlich; durch die Anwesenheit vieler Ionen wird nach ihm die dissoziierende Kraft des Wassers erhöht, so daß die einfachen Folgerungen der Dissoziationstheorie nur für sehr verdünnte Lösungen oder für schwach dissoziierte Substanzen gelten. Ob diese Annahme richtig ist, werden vielleicht die Arbeiten der nächsten Jahre entscheiden. — Das Büchlein wird Fernerstehenden das Verständnis der zu erwartenden Diskussionen erleichtern und ist daher Praktikern wie Theoretikern im gleichen Maße zur Orientierung zu empfehlen. *W. Roth.*

Anleitung zur Darstellung organisch-chemischer Präparate. Von S. Levy. Vierte verbesserte und erweiterte Auflage. Herausgegeben von Dr. A. Bistrzycki, o. Prof. d. Univ. Freiburg i. d. Schweiz. Stuttgart, F. Enke, 1902. VIII u. 224 S. Geb. M 4,20.

Das alte Levysche Präparatenbuch ist in seiner dritten Auflage (1895) von Bistrzycki erheblich umgearbeitet und verbessert worden und hat in seiner jetzigen Gestalt wieder einige Umänderungen und Erweiterungen erfahren. In einer knapp und klar geschriebenen Einleitung gibt der Verf. dem Anfänger, namentlich dem an anorganische Arbeitsweise gewöhnten, eine Reihe von allgemeinen praktischen und pädagogischen Anweisungen. Schmelz- und Siedepunktsbestimmungen werden eingehend behandelt. Die Auswahl der Präparate — etwa 90 an der Zahl — ist gut;

technisch und theoretisch interessante Substanzen wechseln sich ab; alle Haupttypen der organischen Verbindungen und alle Arbeits- und Darstellungsmethoden kommen vor. Auf die Prüfung der Reinheit, auf die wichtigsten Reaktionen der Haupt- und Nebenprodukte und ihre physikalischen Eigenschaften wird Gewicht gelegt. Die Abbildungen sind gut, die chemischen Erläuterungen ausreichend, die experimentellen Anweisungen klar und ausführlich, bei schädlichen oder feuergefährlichen Substanzen gibt der Verf. immer von neuem gute Verhaltungsmaßregeln; das Buch kann daher mehr als manches andere organische „Kochbuch“ für den Selbstunterricht empfohlen werden. *W. Roth.*

Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physiko-chemischer Messungen. Von W. Ostwald, Direktor, und R. Luther, Subdirektor des physikalisch-chemischen Instituts der Universität Leipzig. Mit 319 Figuren im Text 2. Aufl. Leipzig, W. Engelmann, 1902. XII u. 492 S. Geb. M 15.

Die von Leitern physikalischer und ähnlicher Institute herausgegebenen Lehrbücher und Kurse entspringen im allgemeinen aus den Bedürfnissen des speziellen akademischen Wirkungskreises, entsprechen also mehr lokalen und berechtigten persönlichen Interessen. Die von Ostwald oder unter seiner Ägide herausgegebenen diesbezüglichen Bücher ragen in ihrer Bedeutung über diese engere Sphäre hinaus. Das vorliegende Hilfsbuch bringt zunächst etliche Abschnitte mehr oder weniger rein physikalischer Natur, über Rechnen, Messen, Wägen, thermische Messungen und solche über Druck, Volumen und Dichte, kalorimetrische sowie optische Messungen u. a. und geht dann erst mit dem 13.—21. Kapitel zu dem eigentlich physikalisch-chemischen Gebiet über, indem es die Löslichkeit, die Molekulargewichtsbestimmungen an Lösungen, weiterhin alle einschlägigen elektrischen Messungen und schließlich die chemische Dynamik und die Anwendung physiko-chemischer Methoden auf chemische Fragen behandelt. In einem Anhang (S. 468—478) sind noch eine Anzahl konkreter Beispiele von den im obengenannten Institut abgehaltenen Übungen angefügt. Das Buch sei für den Handgebrauch oder wenigstens für die Bibliotheken an realistischen Lehranstalten angelegentlich empfohlen. *O.*

Handbuch der anorganischen Chemie. Herausgegeben von Dr O. Dammer. IV. Bd.: Die Fortschritte der anorganischen Chemie in den Jahren 1892—1902. Bearbeitet von Privatdozent Dr. Baur, Dr. Richard Meyer, Prof. Dr. Muthmann, Dr. Naß, Prof. Dr. Nernst, Dr. Rothmund, Dr. Stritar, Prof. Dr. Zeisel. Stuttgart. F. Enke, 1902, 1903. In 6 Lieferungen. 1023 S. M 26.

Das Werk legt Zeugnis ab von dem rastlosen Fortschreiten der Wissenschaft auf chemischem, insbesondere physikalisch-chemischem Gebiete. Gedacht ist es zunächst als Ergänzung des großen dreibändigen obengenannten „Handbuches“, das in den Jahren 1892—94 herauskam und durch den vorliegenden Band wieder vollsändig auf die Höhe der Zeit gebracht erscheint. Es finden sich nicht nur die Fortschritte in der Chemie der einzelnen Elemente und Verbindungen gewissenhaft registriert, sondern es ist auch die Entwicklung in theoretischer Hinsicht in einem besonderen großen Abschnitt — der unter Mitwirkung von W. Nernst von V. Rothmund bearbeitet ist — dargelegt, wobei der Elektrochemie ein eigenes Kapitel gewidmet ist. Hervorgehoben sei noch vom speziellen Teil der ausführliche Abschnitt über das Argon und die übrigen neuen Gase der Atmosphäre. Abgesehen vom oben erwähnten Zweck hat das Buch aber auch für jeden, der das Handbuch selbst nicht besitzt, einen selbständigen Wert, denn es liefert einen wertvollen Überblick über die reichen Forschungsergebnisse des letzten Dezenniums. Es ist somit der allgemeinen Beachtung zu empfehlen. Ein umfangreiches Register erleichtert den Gebrauch des Werkes. *O.*

Natur und Schule. Zeitschrift für den gesamten naturkundlichen Unterricht aller Schulen. Herausgegeben von B. Landsberg in Allenstein O.-Pr., O. Schmeil in Magdeburg, B. Schmid in Bautzen. I. Bd. mit 79 Abbildungen. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1902. S. 504.

Es kann sich hier nicht um eine einfache Anzeige handeln — den meisten Lesern ist wohl die neue Zeitschrift nicht unbekannt geblieben — auch nicht um ein eingehendes Referat über den Inhalt des vorliegenden Jahrganges, da ja die Zeitschrift vorwiegend die organischen Naturwissenschaften berücksichtigt; wohl aber ist es angezeigt, in Kürze zu den Zielen derselben Stellung zu nehmen und ihre Bedeutung zu kennzeichnen.

Die Zeitschrift hat sich zur Aufgabe gestellt, dem gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht zu dienen, sie will „stets darauf achten, die einzelnen Disziplinen gleichmäßig zu berücksichtigen“. Nimmt man hinzu, daß sie nicht nur die Interessen dieses Unterrichts an den höheren Lehranstalten, sondern auch an allen übrigen Schulen wahrzunehmen beabsichtigt, so kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, daß diese Ziele etwas zu umfassend sind und somit die eigentliche Wirksamkeit der Zeitschrift auf die Dauer beeinträchtigen müssen. Zweifellos lag vor dem Erscheinen derselben ein

direktes Bedürfnis vor, die Interessen des organisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen in einem besonderen Organ zusammenzufassen. Es soll gleich hervorgehoben werden, daß der vorliegende Jahrgang dieser gekennzeichneten Aufgabe bereits in erfreulichem Maße gerecht geworden ist; davon zeugt eine große Zahl wertvoller Beiträge. Aber gerade im Interesse der weiteren Erfüllung dieser Aufgabe wünschten wir, daß die Zeitschrift sich allmählich eine gewisse Beschränkung auferlegen möchte; insbesondere könnten die der Physik und Chemie gewidmeten Abschnitte — die jetzt schon im Vergleich zu dem auf organischem Gebiet Gebotenen bedeutend zurücktreten — noch weiter gekürzt, wenn nicht ganz fallen gelassen, und die ganze Kraft der Entwicklung des biologischen Unterrichts zugewandt werden.

Die Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts selbst ist aber nur die eine Seite der Zeitschrift. Die andere, nicht minder wichtige ist mehr schulpolitischer Natur. Im ganzen Jahrgang machen sich von Anfang an hervorragende Stimmen geltend, welche die Wichtigkeit, ja Unentbehrlichkeit des biologischen Unterrichts in den oberen Klassen der höheren Schulen betonen und sich insbesondere auch gegen das leidige Falksche Interdikt wenden, das seinerzeit den biologischen Unterricht auf der Oberstufe der Realanstalten traf. Es handelt sich da um eine Bewegung, die seit Jahren durch viele Kräfte vorbereitet, neuerdings aber von der Hamburger Naturforscherversammlung mit großer Energie aufgegriffen worden ist. Der neuen Zeitschrift fällt die dankbare Aufgabe zu, die Kräfte zusammenzufassen, die Bewegung immer weiter zu fördern, und hierin erblicken wir die eigentliche Bedeutung der Zeitschrift — An dieser Bewegung sind auch die Leser unserer Zeitschrift in hervorragendem Maße interessiert, da es unabweislich erscheint, dem Unterricht im Organischen einen Platz auf der Oberstufe einzuräumen, und leider zunächst nur die Physikstunden, wenigstens am Gymnasium, dafür in Betracht kommen. Es wird zugestanden werden müssen, daß gelegentlich und versuchsweise, wo eine geeignete Lehrkraft für diesen Unterricht vorhanden ist, etwa ein Semester (am besten das zweite Semester in U I) zu einem physiologisch-biologischen Kursus verwendet wird, zumal auch die Lehrpläne von 1901 einen hierauf bezüglichen Hinweis enthalten. Im Interesse des physikalischen Unterrichts ist allerdings zu wünschen, daß ein solches Verfahren nur ein vorübergehendes Auskunftsmittel bleibe und daß von der Behörde auf andere Weise Abhülfe geschaffen werde. Übrigens wird in einem sehr interessanten Artikel der Zeitschrift („Die Möglichkeit der Durchführung des naturhistorischen Unterrichts in den oberen Klassen des Gymnasiums" von F. Mühlberg in Aarau, S. 113—123) nachgewiesen, daß das, was wir für unsere höheren Schulen erstreben, an einer großen Reihe von Schweizer Gymnasien — zum Heile dieser Schulgattung — bereits vollständig verwirklicht ist. *O.*

Wiederholungsbuch zum Unterricht in der Chemie und Mineralogie. Für den Gebrauch in Lehrerseminaren bearbeitet von E. Richter, Seminarlehrer. 3. Auflage. Mit 85 Abbildungen. Freiberg i. B., Herder, 1902. 180 S. M 2, geb. M 2,40.

Das Buch ist eine systematische Zusammenstellung des wichtigsten Lehrstoffes mit vielen nützlichen Hinweisen und technologischen Einzelheiten. In chemischer Hinsicht kann es jedoch strengeren Anforderungen nicht genügen; insbesondere ist die theoretische Seite zu wenig exakt, auch enthält es zuviel Unrichtigkeiten. So wird das unselige „Aetherion" Brushs, über dem sich die Akten lange geschlossen haben, ohne Vorbehalt den übrigen neuentdeckten Gasen der Atmosphäre beigesellt (S. 19), Ozon als „O_2" bezeichnet (S. 14), die Zahl der Elemente auf „über 60" angegeben, CH_3 als „Methan" bezeichnet (S. 20); das „Ammonium" ist „rein dargestellt eine blaue, metallisch glänzende Flüssigkeit" (S. 70)! *O.*

Programm-Abhandlungen.

Die wissenschaftlichen Forschungen und Entdeckungen des älteren Seebeck auf dem Gebiete der Elektrizität und des Magnetismus. Von H. Streit. Städt. Progymn. Schlawe, Ostern 1902. 22 S und eine Tafel. Pr.-No. 159.

Die Abhandlung bildet die Fortsetzung zu der im vorigen Jahre veröffentlichten (vergl. d. Zeitschr. XV 312). Sie enthält Mitteilungen über Seebecks Arbeiten bezüglich des Rotationsmagnetismus, des Einflusses der Wärme auf den Magneten, des Elektromagnetismus und besonders des Thermomagnetismus. Die von letzterem handelnde Arbeit Seebecks ist die wichtigste, sie enthält die Entdeckung der thermoelektrischen Eigenschaften der Metalle. Interessant ist, daß Seebeck (ähnlich wie Oersted bei seiner berühmten Entdeckung) durch eine auf ganz andere Ziele gerichtete Untersuchung auf die Thermoelektrizität geführt wurde. Er beabsichtigte eine magnetische Wirkung nachzuweisen, wenn er eine Kupferspirale, die in die Ebene des magnetischen Meridians gestellt war, mit

verschiedenen in Kontakt miteinander gesetzten Metallen verband. Dabei erhielt er eine Wirkung, fand aber bei genauerem Zusehen, daß diese auf die Wärme der Finger, die die Metalle aneinanderdrückten, zurückzuführen war. Die in methodischer Hinsicht charakteristischen Züge der Seebeckschen Arbeiten hätten wohl vom Verfasser noch schärfer herausgearbeitet werden können. *P.*

Die wichtigsten Mathematiker und Physiker des Altertums, für Schüler dargestellt von Adolph Weyh. K. Gymn. zu Kreuzburg O.-S., Ostern 1902. 26 S. Pr.-No. 213.

Die für Schüler bestimmte, vornehmlich auf Cantors Werk gestützte Zusammenstellung wird auch manchen Fachgenossen willkommen sein. Sie enthält einiges über die wissenschaftlichen Leistungen der Ägypter und Babylonier und behandelt dann Thales, Anaximander, Anaximenes; Pythagoras; Anaxagoras, Hippokrates, Eudoxus, Aristoteles; Euklid, Archimedes, Eratosthenes, Apollonius, Hipparch, Heron; Menelaus, Ptolemäus, Nikomachus, Pappus, Diophant, Zu Heron wäre zu bemerken, daß seine Lebenszeit durch W. Schmidt, den neuesten Bearbeiter der heronischen Frage, in das 1. Jahrhundert nach Chr. verlegt wird. *P.*

Über einige physikalische Begriffe. Von Oberlehrer Beck. Realschule zu Dortmund, Ostern 1902. 7 S. Pr.-No. 422.

Der Verfasser erörtert einige Mängel hinsichtlich der Behandlung des Temperaturbegriffes, die sich in vielen Lehrbüchern finden. Er beanstandet auch die übliche Definition der Temperatur als Grad des Wärmezustandes und stellt demgegenüber den Satz auf: Die Definition der Temperatur ist unmöglich und unnötig. Doch würde er wohl nichts einzuwenden haben gegen eine Definition, wie sie Mach (Prinz. d. Wärmelehre S. 46) aufstellt: „Die Zahl, die nach irgend einem Zuordnungsprinzip der thermoskopischen Volumanzeige und folglich einem Wärmezustand eindeutig zugeordnet ist, nennen wir Temperatur". Der Verfasser bespricht dann noch gewisse Unklarheiten, die häufig mit dem absoluten Nullpunkt verknüpft sind, und setzt auseinander, inwiefern es unzulässig ist, von der Möglichkeit einer Temperatur, die unter -273^0 läge, zu reden. *P.*

Telegraphie in alter und neuer Zeit. Von Wilhelm Fauser. Mit einer Figurentafel. König-Wilhelms-G. zu Stettin, Ostern 1902. 14 S. Pr.-No. 163.

Die Abhandlung enthält eine gedrängte Zusammenstellung der verschiedenen Arten der Telegraphie, der optischen, elektrischen und der Telegraphie ohne Draht. Wie weit auf die Quellen zurückgegangen ist, ist aus der Arbeit nicht ersichtlich. *P.*

Geometrisch-optische Täuschungen, dargestellt in ihren Erklärungsversuchen von Dr. Plettenberg. Erster Teil. Guericke-Schule in Magdeburg. Ostern 1902. Pr.-No. 296. 20 S. m. 14 Fig.

Nach einer kurzen Darstellung der Theorien von Wundt und Lipps werden eingehend die Winkeltäuschungen und Zöllnerschen Täuschungen behandelt. Einer chronologisch geordneten Literaturangabe folgt jedesmal die Darlegung der Beobachtungsergebnisse und kritische Besprechung der Erklärungsversuche. Bezüglich der ersten Gruppe von Täuschungen schließt sich der Verfasser der Ansicht Filehnes an, daß eine Winkeltäuschung an nackten Winkeln überhaupt nicht eintritt, sondern erst infolge eines perspektivischen Motivs. Die für die Zöllnersche Täuschung bisher versuchten Erklärungen hält der Verfasser sämtlich für unzulänglich; er glaubt aber, daß nach den Versuchen von Witasek, die dargetan haben, daß die hier auftretenden Täuschungen keine Urteils-, sondern nur Empfindungstäuschungen sind, eine physiologische Erklärungsweise mehr Chancen haben wird, als eine psychologische. Vier andere berühmte Täuschungen sollen in einem zweiten Teil behandelt werden. *E. Tonn.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin.

Sitzung am 21. April 1902. Herr Poske schilderte im Anschluß an das Buch von K. T. Fischer „Über den naturwissenschaftlichen Unterricht in England" die dort sowie in Amerika übliche Unterrichtsmethode und wies auf den großen Wert der Schülerübungen hin. Er entwickelte die Grundsätze, nach denen die Übungen auch in unseren Schulen einzurichten sein würden. Herr Hahn beschrieb die in South Kensington bei London getroffenen Einrichtungen zur Ausbildung der Lehrer im praktischen naturwissenschaftlichen Unterricht und empfahl dringend eine Annäherung unserer Methode an das englische Vorbild, das natürlich unseren speziellen Bedürfnissen entsprechend umzugestalten sei. Es wurde eine Kommission gewählt, die einen Antrag auf allgemeinere Einführung von physikalischen Schülerübungen formulieren sollte; der Antrag sollte dem Unterrichtsministerium und dem Magistrat von Berlin eingereicht werden.

Sitzung am 5. Mai 1902. Herr Poske berichtete über das Ergebnis der Sammlungen für die Schwalbe-Stiftung und über die Verwendung derselben. — Herr Heyne entwickelte das Programm der im Sommersemester projektierten städtischen Veranstaltungen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. — Herr Poske legte die von der Kommission verfaßte Eingabe an das Unterrichtsministerium in Betreff der Schülerübungen vor; die Absendung der Eingabe wurde einstimmig beschlossen. — Herr Fürle legte Rechenblätter für das Daniellsche Hygrometer sowie Tafeln zur Berechnung der Bildweite einer Linse vor. — Herr Hahn demonstrierte zwei Versuche über Wärmeleitung und zeigte ein Modell zur Veranschaulichung der Wirkung der Erdintensität auf die Magnetnadel.

Sitzung am 26. Mai 1902. Herr Hauptmann aus Leipzig demonstrierte das von ihm konstruierte „Elektro-Dynamoped", eine Dynamomaschine mit Fußbetrieb nach Art des Velozipeds. Er setzte damit eine Glühlampe, einen Elektromotor, einen Induktionsapparat in Tätigkeit und zeigte das Laden von Akkumulatoren, Schmelzen eines Drahtes, Wasserzersetzung. — Herr Heitchen zeigte die vielfache Verwendbarkeit des Fühlhebels, um kleine Bewegungen sichtbar zu machen, und beschrieb genauer eine von ihm bereits früher entwickelte Methode, Kopfhöhe und Einschnürungsweite eines Lampenzylinders zu messen.

Sitzung am 16. Juni 1902. Herr Heitchen sprach über Methoden zur Untersuchung des Petroleums. Er zeigte, wie man die Farbe des Petroleums durch Vergleichung mit Gläsern oder Lösungen von bekannter Färbung bestimmt. Er beschrieb die Methoden zur Bestimmung des spezifischen Gewichts des Petroleums und zeigte ein von ihm selbst konstruiertes Pyknometer. Zum Schluß beschrieb er eine zur Bestimmung der Entflammungstemperatur dienende Methode und demonstrierte den diesem Zwecke dienenden Apparat von Abel.

Sitzung am 25. August 1902. Herr Ingenieur Eyting demonstrierte eine durch die Wasserleitung gespeiste Turbine, die mit einer magnetelektrischen Maschine direkt gekuppelt ist. Er betrieb damit eine Glühlampe und einen Drehstrommotor und wies auf die vielseitige Verwendbarkeit der Maschine im Schulbetrieb, insbesondere auch zur Ladung von Akkumulatoren hin. — Herr Heyne zeigte, wie man Teilungen auf Messing in sehr einfacher Weise neu versilbern kann. — Herr Poske machte Angaben über die Schreibweise des Namens Rühmkorff mit ü und legte mehrere, ihm von Prof. Weber in Neuchatel zugegangene Briefe vor, die jene Schreibweise bestätigen. — Herr Wallenberg zeigte eine einfache Anordnung zum stereoskopischen Sehen, bei der die beiden, von verschiedenen Punkten aufgenommenen Bilder in Rot und Grün übereinander gedruckt sind und durch ein rotes und grünes Glas betrachtet werden. — Herr Koppe demonstrierte eine Methode, um den Übergang der Kohlensäure in die verschiedenen Aggregatzustände bequem sichtbar zu machen. — Herr Heyne zeigte einige neue Nernstlampen.

Sitzung am 8. September 1902. Herr Hahn zeigte zwei von Schülern nach amerikanischen Mustern hergestellte Apparate. — Derselbe zeigte einen Apparat zur Erzeugung von Rauchringen und beschrieb einige mit Rauchringen anzustellende Versuche des amerikanischen Physikers Wood. — Derselbe zeigte einige einfache Versuche zur Demonstration der Fortpflanzung des Schalles im Wasser und der Reflexion des Schalles. — Derselbe demonstrierte den Apparat von Schoentjes zur Bestimmung der spezifischen Wärme von Metallen (d. Zeitsch. *XIV 31*) und kritisierte die entsprechenden Versuche von Tyndall und Weinhold.

Sitzung am 13. Oktober 1902. Herr B. v. Czudnochowski demonstrierte einen um eine freie Achse rotierenden Elektromotor und zeigte die Anwendung desselben zum Nachweise der Erddrehung (d. Zeitschr. *XV 140*). — Herr Spies beschrieb einige Versuche über das Foucaultsche Pendel, die er im Hörsaal der Urania angestellt hat. — Herr Hahn machte einige Mitteilungen über Motoren.

Sitzung am 10. November 1902. Herr Bohn sprach über Glasapparate aus dem Schäffer-Museum in Jena. Er gab eine Charakteristik des verstorbenen Professors Schäffer und demonstrierte verschiedene Apparate, die Herr Glasbläser Niehls den Schäfferschen Originalen nachgebildet hat. Vorgeführt wurden u. a. ein Dampfbarometer, Apparate zur Ableitung des Dulong-Petitschen Gesetzes, zur Demonstration der Wärmezirkulation des Wassers und der Dampfheizung, ein Kaltwasserschwimmer, die Schimpersche Blasepumpe, ein Apparat zur Erklärung der hydraulischen Presse, verschiedene Heber, ein intermittierender Brunnen, eine Interferenzröhre. — Herr Hahn beschrieb eine Anordnung, um das Dichtemaximum des Wassers nachzuweisen, und erläuterte die Schichtmethode von Merkelbach. — Derselbe erstattete Bericht über den Vorschlag des elektrotechnischen Vereins in Betreff einer einheitlichen Bezeichnung der in der Physik gebräuchlichen Größen und erläuterte an einer Reihe von Beispielen die Vorzüge und Mängel der alten und der neuen Bezeichnungen. — Herr Koppe demonstrierte einen von ihm konstruierten Kalenderstab mit zwei drehbaren Ringen.

Sitzung am 8. Dezember 1902. Herr SPIES demonstrierte den Bickelschen Entfernungsmesser und wies auf dessen gute Verwendbarkeit auch für den Unterricht hin. — Herr HAHN führte die elektromagnetischen Rotationsapparate von K. Ulsch (d. Zeitschr. *XVI 82*) vor. — Herr A. SCHMIDT zeigte einige Versuche über das magnetische Feld eines Stromleiters und gab eine Darstellung der Dreifingerregel. Daran knüpfte sich eine Diskussion über die zu elektromagnetischen Versuchen besonders geeigneten Eisensorten. — Herr STAHLBERG zeigte die gegenseitige Elektrisierung zweier auf Isolierschemeln stehender Personen.

Sitzung am 19. Januar 1903. Herr HEYNE gab einen Überblick über das Leben und Wirken Rühmkorffs zur Erinnerung an dessen 100. Geburtstag. — Derselbe machte nähere Angaben über den Bezug flüssiger Luft und zeigte eine Anzahl damit anzustellender Versuche. — Derselbe zeigte verschiedene Kollektionen von Platin-, Kupfer-, Thallium-, Kobalt-, Vanad-, Chromsalzen der Firma H. Deibel in Hanau. — Derselbe machte Mitteilungen über die von der Straßenbahngesellschaft zu beziehenden Akkumulatoren und über das Programm der städtischen Veranstaltungen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts im ersten Quartal 1903.

Sitzung am 9. Februar 1903. Herr HUPE sprach über den Begriff der Zentrifugalkraft, die er als Gegenwirkung gegen die zentripetale Beschleunigung auffaßte. — Herr SPIES leitete die Bedingungen für die Bewegung eines Punktes auf einer kreisförmigen Bahn ab und sprach sich dahin aus, daß die Zentrifugalkraft keine besondere Kraft, sondern nur ein Ausdruck für das Beharrungsvermögen des im Kreise bewegten Körpers sei, daß man aber auch die Reaktion auf die Achse als Zentrifugalkraft bezeichnen könne. — Herr KOPPE leitete die Bedingungen der Kreisbewegung aus der Bewegung auf dem Umfang eines regulären Polygons ab und erklärte die Zentrifugalkraft für eine bloß fingierte Kraft. — Herr JOHANNESSON gab eine der vorigen ähnliche Ableitung, indem er aber alle dabei notwendigen Vernachlässigungen vorher logisch streng formulierte. — In einer längeren Diskussion wurden alle diese Ansichten näher erörtert.

Sitzung am 2. März 1903. Die Verhandlung der vorigen Sitzung über die Zentrifugalkraft wurde fortgesetzt. Herr POSKE legte dar, daß man freie und gezwungene Zentralbewegung unterscheiden müsse; bei der letzteren trete die Zentrifugalkraft als eine wirkliche Kraft auf, die aber nicht am rotierenden Körper selbst, sondern an der widerstehenden Bahn oder an der Achse angreife. Die Zentripetalkraft sei als Reaktion gegen die Zentrifugalkraft anzusehen, nicht umgekehrt. Hiervon zu unterscheiden sei die nur zum Zwecke vereinfachter Darstellung eingeführte fingierte Kraft, durch die das Bewegungsproblem in ein Gleichgewichtsproblem (nach der Vorschrift des d'Alembertschen Prinzips) umgewandelt werde. — Auch hieran schloß sich eine ausgedehnte Diskussion, die zu dem Ergebnis führte, daß eine widerspruchsfreie Darstellung der Sache nur im Zusammenhang mit einer präzisen Fassung des Kraftbegriffs zu gewinnen sei. Als hierfür in Betracht kommende Grunderscheinung wurde das Verhalten zweier durch einen Faden verbundener Körper bezeichnet, wenn dem einen von ihnen eine Bewegung in der Richtung der Verbindungslinie und im Sinn wachsenden Abstandes erteilt wird. *Schk.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

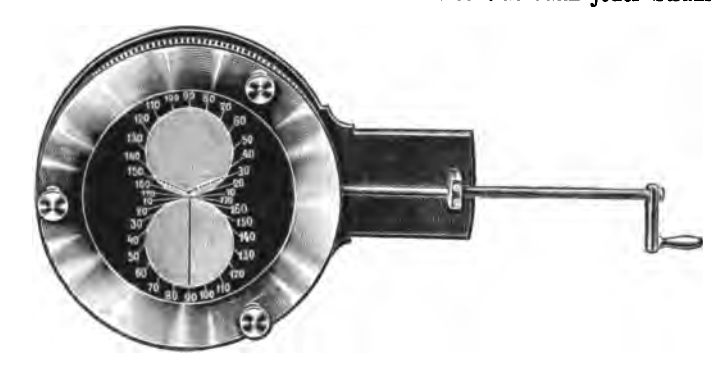
Vorrichtung zur Demonstrierung von Wechsel- und Drehstromvorgängen mittels des Projektionsapparates.

Von Ingenieur Rinkel in Köln.
(Aus der Werkstätte von E. Leybolds Nachf. in Köln.)

Mit der Vorrichtung läßt sich die Veränderlichkeit und die Phasenverschiebung von Strom und Spannung in einfachster Weise zur objektiven Darstellung in einem großen Zuschauerkreis bringen, sobald nur ein gewöhnlicher Projektionsapparat, der mit durchfallendem Lichte arbeitet, zur Verfügung steht. Vorausgesetzt ist naturgemäß Sinusform der Strom- und Spannungskurve, sodaß das bekannte Polarkoordinaten-Diagramm zur Anwendung kommen kann.

In einem kreisförmigen Gestell sind Glasplatten so untergebracht, daß sie durch eine kleine Zahnradübersetzung bequem von Hand in Umdrehung versetzt werden können. Jede Glasplatte trägt für Einphasenstrom einen, für Mehrphasenstrom mehrere um 90° bezw. 120° (Zwei- und Dreiphasenstrom) versetzte schwarze Striche, die radial vom Mittelpunkt aus verlaufen und auf der einen Platte Ströme, auf der anderen Spannungen andeuten. Die Platten sind im Gestell gegeneinander verschiebbar, sodaß jede Phasenverschiebung von Strom und Spannung bequem eingestellt werden kann. Über diesen drehbaren Platten befindet sich eine feste, geschwärzte Glasplatte mit zwei sich berührenden durchsichtigen Kreisflächen, der Berührungspunkt trifft mit dem genannten Mittelpunkt

der Strahlen zusammen. Beim Drehen der innen befindlichen Glastafeln erscheint dann jeder Strahl durch die Peripherie der Kreise begrenzt; der sichtbare Teil ist gleich dem Augenblickswerte von Strom und Spannung, der Winkel zwischen den Strichen der Strom- und der Spannungsplatte ergibt die Phasenverschiebung. Durch Striche und Zahlen, welche in die geschwärzte Fläche eingraviert sind und von dem Berührungspunkte beider Kreise aus zählen, werden die Phasenwinkel gekennzeichnet. Selbstverständlich sind die unteren Glasplatten bequem auszuwechseln, wenn man von Ein- auf Mehrphasenstrom übergehen will. Der Preis beträgt M 65.



Über **Stromanlagen für Lehranstalten** hat E. Leybolds Nachfolger in Köln einen Prospekt veröffentlicht, worin außer mehreren Schalttafeln und Anschlußeinrichtungen besonders eine zerlegbare Universaldynamomaschine für Gebrauchs- und Demonstrationszwecke beschrieben ist.

Ein Spezialverzeichnis derselben Firma bezieht sich auf die Einrichtung physikalischer und chemischer Lehrzimmer und Arbeitsräume.

Korrespondenz.

Programm-Abhandlungen. Die Redaktion ersucht die Verfasser von Programm-Abhandlungen, deren Inhalt für die Leser der Zeitschrift von Interesse sein kann, möglichst bald ein Exemplar zur Besprechung einzusenden. Nur wenn dies geschieht, ist auf die Berücksichtigung der Abhandlung in der Programmschau zu rechnen.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

A. Becker, Krystalloptik. Mit 106 Textfiguren. Stuttgart, Ferd. Enke, 1903. 362 S. M 8. — **A. Winkelmann,** Handbuch der Physik. 2. Aufl. IV. Bd. Erste Hälfte. Elektrizität und Magnetismus. Mit 142 Abb. Leipzig, J. A. Barth, 1903. 384 S. M 12. — **V. A. Julius,** Der Äther. Übersetzt von G. Siebert. Mit 12 Abb. Leipzig, Quandt u. Händel, 1902. 52 S. — **Ostwalds Klassiker:** Nr. 124. v. Helmholtz, Abhandlungen zur Thermodynamik chemischer Vorgänge. Herausgeg. von M. Planck. 83 S. M 1,40. — Nr. 125. John Mayow, Untersuchungen über den Salpeter und den salpetrigen Luftgeist, das Brennen und das Atmen. Herausgeg. von F. G. Donnan. 56 S. M 1. — Nr. 126. Michael Faraday, Experimentaluntersuchungen über Elektrizität. Herausgeg. von A. J. v. Oettingen. IX.—XI. Reihe. Mit 15 Fig. 106 S. M 1,80. — Nr. 128. Michael Faraday. XII. und XIII. Reihe. Mit 29 Fig. Leipzig, W. Engelmann. M 1,80. — **Augusto Righi** und **W. Dessau,** Die Telegraphie ohne Draht. Mit 258 Abb. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1903. 481 S. M 12, geb. M 13. — **R. Heilbrun,** Elementare Vorlesungen über Telegraphie ohne Draht. 3. Lieferung. Berlin, G. Siemens, 1902. — **C. Arldt,** Die Funkentelegraphie. Mit einer Einleitung von Osw. Flamm. Mit 75 Abb. Leipzig, Theod. Thomas. M 1,80. — **H. O. G. Ellinger,** Laerebog i Fysik. 7. Udgave. Kjöbenhavn, F. Hegel & Son, 1902. 318 S. — **H. O. G. Ellinger,** Laerebog i varme. 2. Udgave. Kjöbenhavn 1903. 142 S. — **J. Rußner,** Lehrbuch der Physik für den Gebrauch an höheren Lehranstalten und zum Selbstunterricht. Mit 776 Abb. Hannover, Gebr. Jänecke. 498 S. M 5,60. — **J. H. van 't Hoff,** Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie. II. Hft.: Die chemische Statik. Mit Textfig. II. Aufl. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1903. 150 S. M 4. — **Julius Wagner,** Über den Anfangsunterricht in der Chemie. Leipzig, Joh. Ambrosius Barth, 1903. 37 S. M 1,20. — **Georg Marpmann,** Illustrierte Fachlexika. Bd. I: Chemisch-analytische Technik und Apparatenkunde. Lief. 14/15. à M 1,50. Leipzig, Paul Schimmelwitz, 1902. — **C. Arnold,** Abriß der allgemeinen oder physikalischen Chemie. Hamburg u. Leipzig, Leopold Voß, 1903. Geb. M 2. — **Konrad Fuß,** Leitfaden für den Unterricht in der Chemie und Mineralogie. 2. verb. Auflage. Nürnberg, Friedr. Korn, 1903. M 3. — **H. Langer,** Grundriß der Physik für Lehrerseminare u. s. w. Leipzig, G. Freytag, 1903. M 4,80. — **O. Nitsche,** Das Gymnasialpensum der Chemie. Ein Hilfsbuch

für den Unterricht. Kiel, Robert Cordes. M 0,60. — **Th. Koller,** Neueste Erfindungen und Erfahrungen. XXX. Jahrg. Heft 2 u. 3. Wien, A. Hartleben. à M 0,60. — **W. Rickmer-Rickmers,** Die Beherrschung der Luft. Wien, E. Beyer, 1903. 16 S. — **G. Rauter,** Allgemeine chemische Technologie. Leipzig, Göschen, 1903. 149 S. M. 0,80. — **P. Liesegang,** Die Projektionskunst für Schulen. Mit 153 Abb. XI. Aufl. Leipzig, E. Liesegang. 312 S. M 5. — **A. Miethe,** Grundzüge der Photographie. III. Aufl. Halle a. S., W. Knapp. 94 S. M 1. — **L. David,** Ratgeber für Anfänger im Photographieren. 21.—23. Aufl. Halle a. S., W. Knapp, 1903. 240 S.

Sonderabdruck: W. Wolff, Über die Wirkungsweise des Pulvers. Ein Beitrag zur inneren Ballistik. S.-A. Kriegstechn. Zeitschr. 1903, Heft 1. 35 S.

Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1903.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

	Juni						Juli					
	4	9	14	19	24	29	4	9	14	19	24	29
☿ AR	$4^h 41^m$	4.31	4.26	4.28	4.38	4.55	5.20	5.52	6.31	7.15	8. 1	8.45
☿ D	+ 19°	+ 18°	+ 17°	+ 17°	+ 18°	+ 20°	+ 21°	+ 22°	+ 23°	+ 23°	+ 22°	+ 20°
♀ AR	$7^h 49^m$	8.13	8.35	8.57	9.18	9.38	9.57	10.16	10.33	10.49	11. 4	11.17
♀ D	+ 24	+ 22	+ 21	+ 19	+ 18	+ 16	+ 14	+ 12	+ 10	+ 7	+ 5	+ 3
☉ AR	$4^h 45^m$	5. 5	5.26	5.47	6. 8	6.29	6.49	7.10	7.30	7.50	8.10	8.30
☉ D	+ 22	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 22	+ 22	+ 21	+ 20	+ 19
♂ AR	$12^h 5^m$	12.10	12.16	12.23	12.30	12.37	12.46	12.54	13. 3	13.13	13.23	13.33
♂ D	+ 0	— 1	— 1	— 2	— 3	— 4	— 5	— 6	— 7	— 8	— 9	— 10
♃ AR		23.30		23.34		23.36		23.37		23.37		23.36
♃ D		— 4		— 4		— 4		— 4		— 4		— 4
♄ AR	$20^h 47^m$						20.42					
♄ D	— 18						— 19					
☉ Aufg.	$3^h 44^m$	3.41	3.39	3.38	3.39	3.41	3.45	3.49	3.54	4. 1	4. 7	4.15
☉ Unterg.	$20^h 12^m$	20.17	20.21	20.23	20.24	20.24	20.23	20.20	20.16	20.10	20. 4	19.57
☾ Aufg.	$14^h 0^m$	19.27	22.45	0.20	3.13	9.16	15.18	19.44	22. 3	—	4.10	10.46
☾ Unterg.	$1^h 6^m$	3.34	7.53	13.18	19.14	22.45	0.31	3.51	8.53	14.34	19.35	22. 8
Sternzeit im mittl. Mittg.	$4^h 46^m 51^s$	5. 6.34	5.26.17	5.46. 0	6. 5.43	6.25.25	6.45. 8	7. 4.51	7.24.34	7.44.16	8. 3.59	8.23.42
Zeitgl.	— $2^m 6^s$	— 1.13	— 0.14	+ 0.50	+ 1.55	+ 2.59	+ 3.57	+ 4.48	+ 5.29	+ 5.59	+ 6.15	+ 6.18

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
Mondphasen in M.E.Z.	Juni 25, $7^h 11^m$ Juli 24, $13^h 46^m$	Juni 2, $14^h 24^m$ Juli 1, $22^h 2^m$ Juli 31, $8^h 15^m$	Juni 10, $4^h 8^m$ Juli 9, $18^h 43^m$	Juni 18, $7^h 44^m$ Juli 17, $20^h 24^m$

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Juni	unsichtbar	2½ bis 1½ Std. als Abendstern sichtbar	zuletzt nur noch 1½ Std. abends sichtbar	zuletzt 2¾ Std. im Osten sichtbar	zuletzt die ganze Nacht hindurch sichtbar
im Juli	unsichtbar	zuletzt nur noch ½ Stunde lang sichtbar	zuletzt nur noch ¾ Std. abends sichtbar	zuletzt fast die ganze Nacht hindurch sichtbar	die ganze Nacht sichtbar; Oppos. am 30.

Veränderliche Sterne: Juni 15, 20^h M.E.Z. W Sagitt.-Min. — 18, 20^h W Sagitt.-Min. — 24, R Lyrae-Min. — Juli 1, $23^h 40^m$ Algol-Min. — 2, 22^h η Aquilae-Max. — 17, R Lyrae-Max. — 24, $22^h 12^m$ Algol-Min.

Dr. F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XVI. Jahrgang. Viertes Heft. Juli 1903.

Parallelversuche mit einer schwingenden Saite und mit einem Kautschukschlauch.

Von
Dr. E. Giltay in Wageningen (Holland).

Ursprünglich war meine Absicht nur, meinen Schülern das Prinzip der Interferenz in Erinnerung zu bringen, und zwar zur Erläuterung der sehr hinderlichen Licht- und Schattenringe, die an mikroskopischen Objekten bei Beleuchtung mit schmalen Lichtkegeln auftreten. Es zeigte sich aber, daß die dazu gebrauchte Einrichtung auch weitere Verwendung finden könnte.

Ich wählte zunächst den von Tyndall[1]) empfohlenen, mit Sand gefüllten und an einem Ende aufgehängten Kautschukschlauch. Weil mir aber daran gelegen war, die Analogie mit einer gewöhnlichen tönenden Saite weiter zu führen, ließ ich das andere Ende des Schlauches nicht frei, sondern die beiden (nahe an Decke und Boden reichenden) Enden wurden eingeklemmt und der Schlauch in verschiedenem Grade gespannt[2]).

Der Schlauch besteht aus schwarzem Kautschuk bester Qualität (Para-Gummi); er ist 2 cm dick und mit sehr feinem Sand gefüllt. Die ganze Vorrichtung ist in Fig. 2 (auf S. 195) dargestellt. Das obere Ende des Schlauches ist über ein kupfernes Endstück geschoben (Fig. 1), welches zur bequemen Festmachung dieses Endes dienen soll. Bei *Co* trägt es einen konisch geschliffenen Ansatz, und dieser Teil paßt genau in eine Hülse *H* (Fig. 2). Am anderen Ende wird ein Zylinder aufgeschraubt, der bei *Cy* (Fig. 1) abgenommen dargestellt ist. Dieser ist mattschwarz und hat einen weißen Ring, der dazu dient, um auch in größerer Entfernung den Endpunkt des Schlauchs zu markieren. Der Schlauch wird emporgehißt mit einem Seil, welches bei *b* (Fig. 2) leicht lösbar an einem Flaschenzug befestigt ist. Am Endstück *Co* (Fig. 1) wird dieses Seil befestigt mittels eines besonders eingeschraubten Teils *e*. Die Schraube *S* soll verhindern, daß sich *e* durch die Schwingungen des Schlauches vielleicht allmählich löst. Will man den Schlauch gebrauchen, so wird das Seil *S* des Flaschenzugs (Fig. 2) angezogen. Hierdurch bringt man zunächst *Co* in die Hülse *H*; zieht man noch mehr an, so wird das Gewicht *G* gehoben, sodaß dessen ganze Schwere *Co* in der Hülse hält; *S* wird dann bei *f* befestigt. Das andere Ende des angezogenen Schlauchs wird durch Klemme *K* bewegungslos gemacht. Zum Abmessen der Lage der Knotenpunkte dient der Maßstab *M*, welcher der Bequemlichkeit halber in zwei Teile



Fig. 1.

[1]) John Tyndall, Sound, 7th ed. S. 90.

[2]) Beim Nachschlagen sehe ich, daß Tyndall gelegentlich auch (S. 96) einen an beiden Enden befestigten Schlauch verwendet hat.

zerlegbar ist; dieser hat unten einen konischen Stift, welcher in ein Brettchen *(B)* paßt, das mit 4 Schrauben *(v)* so gestellt werden kann, daß *M* zum Schlauch parallel läuft. Der Maßstab ist größtenteils mattschwarz angestrichen; die darauf vorhandene Einteilung in Intervallen von 1 dm ist in hellen Farben aufgetragen. Bei den Teilstrichen befinden sich in der Figur nicht sichtbare Maßzahlen; nur die durch besondere Farben hervorgehobenen Höhen von 1,0, 1,5 und 2,0 Meter sind auch in unserer Figur angegeben[3]). Wenn beide Enden des Schlauchs unbeweglich festgemacht sind, läßt man noch vor dem eigentlichen Versuch den hellen Schirm *Sch* fallen, damit die Schwingungsform des Schlauchs besser hervortritt.

Dieser Schlauch war nicht nur für meinen speziellen Zweck geeignet, es ließen sich mit demselben auch mehrere Versuche, die sonst nur mit dem Sonometer ausgeführt werden, sehr instruktiv anstellen. Bei einer Spannung wie der Schlauch sie gestattet, ist zwar kein Ton zu hören, aber die verschiedenen Schwingungen sind um so besser sichtbar, sodaß sich beiderlei Experimente aufs beste ergänzen dürften.

Die von mir in dieser Richtung bisher ausgeführten Versuche sind im folgenden in vier Gruppen zusammengestellt.

1a. Der Schlauch wird in bekannter Weise zur Demonstration laufender und stehender Wellen verwendet. Die Hand wird lose um das untere Ende des Schlauchs gelegt, und diesem in einer zur Länge des Schlauchs senkrechten Richtung ein Stoß erteilt. Dieser Stoß erzeugt eine Welle, die man den Schlauch hinauflaufen, oben reflektiert und dabei umgekehrt werden, und wieder zurücklaufen sieht. Durch Zählen bestimmen wir die für einen Hin- und Hergang erforderliche Zeit t. Welche Welle wir durch den Stoß erzeugten, tut zunächst nichts zur Sache, denn wir beabsichtigen nur die Zeit t zu kennen, und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist für sämtliche Wellen gleich. Nur ist vielleicht die Bestimmung etwas leichter bei einer sehr kurzen Welle.

Bekanntlich ist nun das Intervall t gleich der Schwingungszeit, während welcher der Schlauch als Ganzes eine stehende Schwingung ausführt, und um diese stehende Schwingung zu erzeugen, wird es genügen, daß wir irgend einer Stelle des Schlauches eine Transversalschwingung mit der Schwingungszeit t erteilen. Es ist leicht, dies direkt mit der Hand zu tun, wenn man sich nur größtenteils vom Schlauch selbst führen läßt. Wenn man nämlich nach Bestimmung von t den Schlauch wiederum lose umfaßt, und diese Stelle einfach mit der Hand im Intervall t hin und her bewegt (wobei die Bewegung der Hand nicht die einer Schwingungsbewegung zu sein braucht), so fühlt man sofort die Neigung des Schlauches, in einer bestimmten Art hin- und her zu gehen. Man hat dann weiterhin nichts zu tun, als dieser Bewegung zu folgen und allerdings dabei zugleich die Hin- und Hergänge zu unterstützen. Die Schwingung, die wir auf diese Weise hervorbringen, nennen wir aus Analogie mit einer tönenden Saite die Grundtonschwingung.

Bei nur geringer Übung gelingt es weiterhin leicht, auch noch verschiedene andere Schwingungsweisen des Schlauches hervorzurufen. Wenn ich nämlich zweimal so schnell zähle als vorher, und dann eine Stelle nahe beim unteren Ende des

[3]) Während die sonstigen Teilstriche und Zahlen gelb sind, sind 1,0 und 2,0 rot und 1,5 in zwei Farben vorhanden: blau (auf dem unteren Teil des Maßstabs), und weiß (auf dem oberen). Blau 1,5 dient also zum Markieren des Knotenpunkts des ersten Obertons eines gewichtslos gedachten Schlauches; weiß 1,5 dagegen für den mittleren Knotenpunkt des dritten. Wird dieser letztere Oberton besonders betrachtet, dann werden seine beiden anderen Knotenpunkte mit Kreide angegeben (also in übereinstimmender Farbe).

Schlauches mit dem Intervall $t/2$ hin- und herführe, so wird gerade, wenn ich die Hand zum zweiten Mal von links nach rechts zu bewegen anfange, die vorige Bewegung oben angekommen sein und, als umgekehrte Bewegung reflektiert (also von rechts nach links gehend), wieder beginnen den Schlauch hinabzulaufen. Wo sich diese beiden Bewegungen begegnen, werden sie sich — weil entgegengesetzt und wenigstens nahezu gleich — aufheben. Diese Aufhebung wird jedoch nicht nur für das betrachtete Stadium der Schwingung eintreten, sondern ebenso für alle andern Stadien. An der angegebenen Stelle wird also ein Knotenpunkt auftreten, und der Schlauch schwingt nunmehr in der Oktave des Grundtons; wir können dies — wieder aus Analogie mit einer tönenden Saite — die Flageolet-Oktave nennen.

Es liegt vielleicht auf der Hand, den erwähnten Knoten in der Mitte des Schlauchs zu erwarten. Bei genauerem Zusehen stellt es sich leicht heraus, daß er etwas tiefer liegt, und dies ist auch sehr begreiflich, denn der obere Teil des Schlauches wird nicht nur gespannt durch den Zug, den das Anziehen erzeugte, sondern auch durch das Gewicht des unteren Teils. Der obere Teil ist also etwas stärker

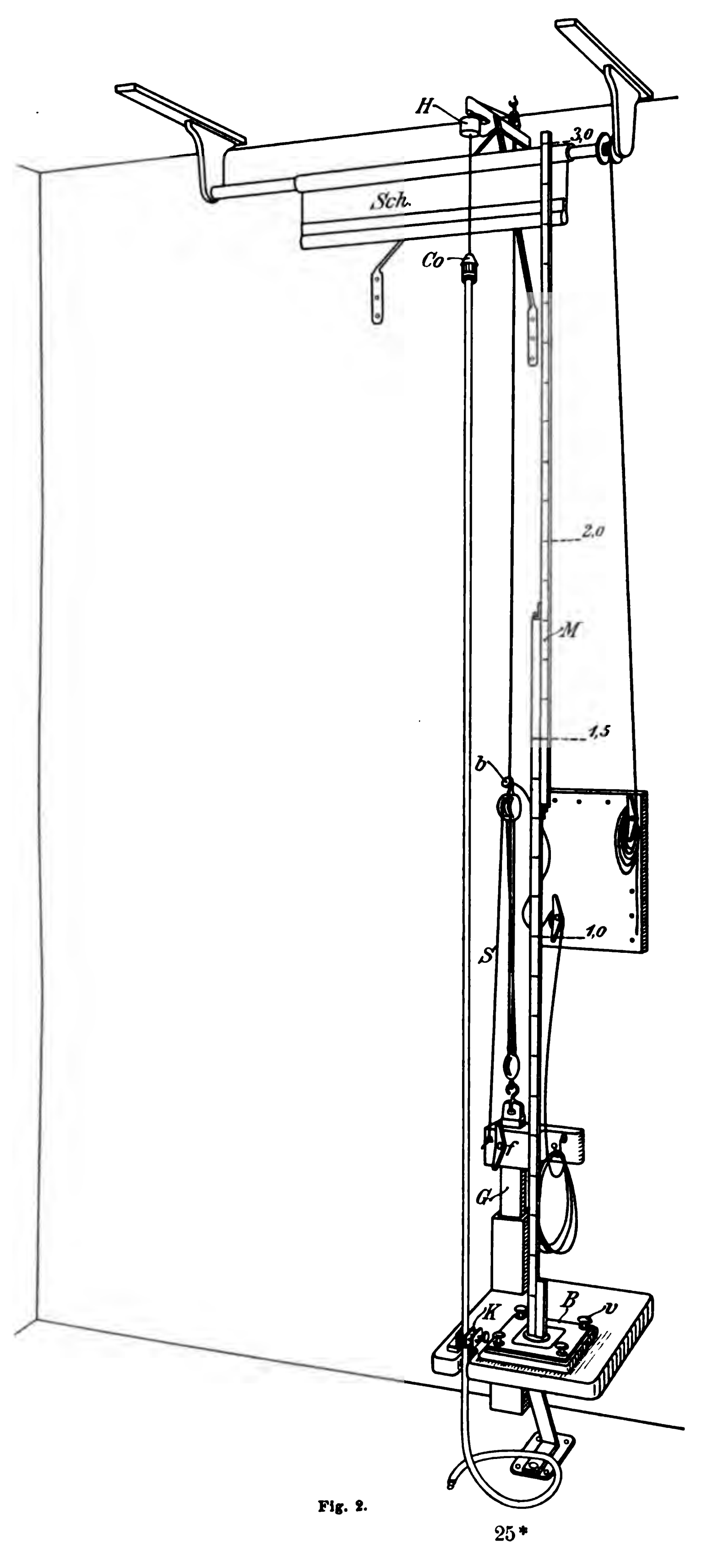


Fig. 2.

gespannt als der untere, und der Impuls wird den oberen etwas schneller durchlaufen, sodaß der Knoten etwas unter der Mitte entstehen wird. Oder anders gesagt: weil der obere Teil etwas mehr gespannt ist, muß er, um dieselbe Schwingungsdauer zu haben, etwas länger sein. Zieht man den Schlauch stärker an, sodaß die Spannung, welche das eigene Gewicht verursacht, einen kleineren Teil der gesamten Spannung bildet, so nähert sich der Knoten der Stelle, die er bei einem gewichtslosen Schlauch einnehmen würde: der Mitte.

Geht weiterhin der Schlauch, statt zweimal, dreimal so schnell hin und her, als wenn er im Grundton schwingt, so entstehen zwei Knoten (wiederum etwas mehr als $^1/_3$ oder $^2/_3$ vom oberen Ende entfernt), und es zeigt sich deutlich die Bewegung der Flageolet-Duodezime. So könnte man theoretisch weitergehen; weil es jedoch schwierig ist, die Hand im richtigen Tempo schnell genug zu bewegen, gehe ich gewöhnlich nicht weiter als zur Doppeloktave.

Daß man auch zeigen kann, daß bei stärkerer Spannung die laufenden Wellen schneller gehen und daß die stehenden Wellen eine geringere Schwingungszeit haben, ist einleuchtend. — Wenn es nicht auf große Genauigkeit ankommt, kann man auch demonstieren, daß der Grundton halb so schnell schwingt als die (Flageolet)-Oktave. Nur muß dann der Schlauch wenig gespannt sein, sonst kann man den Schwingungen durch Zählen nicht folgen.

1b. Parallelversuche an der schwingenden Saite. Bei einer Saite ist es unmöglich, die Hand so schnell hin und her zu bewegen, daß die erforderliche Schwingung erzielt wird. Was wir jedoch hier nicht vermögen, tut eine Stimmgabel.

Wir stimmen z. B. den dritten Teil einer Sonometersaite genau auf eine gewöhnliche (a_1-)Stimmgabel ab, und prüfen auch, ob die ganze Saite, die nun die Unterquinte der tieferen Oktave (d) geben muß, mit der Stimmgabel das entsprechende harmonische Intervall bildet. Wenn dies der Fall ist, verkürzen wir mit dem Steg die Saite wieder bis auf $^1/_3$, schlagen die Stimmgabel an und legen dieselbe mit einer Zinke sofort auf die Saite. Diese bewegt sich, wie begreiflich ist, in demselben Tempo mit, und tönt noch einige Zeit, wenn man die Stimmgabel sofort darauf wieder entfernt hat. Diese auf $^1/_3$ ihrer Länge verkürzte Saite ertönt also in ihrem Grundton. Nun entfernen wir den Steg, und legen die tönende Gabel wieder auf. Wir erhalten jetzt denselben Ton wie vorher, das heißt also, die Saite schwingt in ihrem zweiten Oberton: in der Flageolet-Oberquinte der höheren Oktave.

Die beiden jetzt vorhandenen Knoten sind zwar nicht unmittelbar sichtbar, aber wir können uns mittels eines Papierreiters[4]) von ihrer Existenz überzeugen. Es ist hierbei instruktiv, die Stimmgabel abwechselnd in zwei Arten aufzulegen, und zwar: a) ganz nahe am Ende einer Zinke und b) nahe am Stiel, und dann in diesem letzteren Fall die Gabel, gegen die Saite angedrückt, ganz gleichmäßig und gelinde über dieselbe zu verschieben, sodaß zuletzt eine Stelle der Gabel aufliegt, die sich nahe am freien Ende der Zinke befindet[5]). Im ersteren Fall wird der Reiter anfangs deutlich unruhig und zuweilen sogar abgeworfen; im letzteren gelingt es bei geringer Übung, wenn Saite und Gabel ganz glatt sind (und also z. B. ganz frei von Rost-

[4]) Dieselben sind hier möglichst leicht zu nehmen. Ich verwende immer das sehr dünne farbige Papier, das zur Anfertigung von künstlichen Blumen gebraucht wird.

[5]) In Bezug auf den Fall b füge ich noch hinzu, daß es sich empfiehlt, die aufgelegte Gabel nicht nur nach dem freien Ende der Gabel hin über die Saite zu verschieben, sondern sie zugleich auch seitlich nach dem nächsten befestigten Ende der Saite hin zu bewegen. Man bekommt dann einen stärkeren reineren Ton.

flecken), den Reiter fast oder ganz ruhig zu halten. Die Erklärung scheint mir einleuchtend. Im ersteren Fall empfängt der Reiter den ziemlich starken Stoß des ersten von der Gabel ausgehenden und noch nicht mit einer reflektierten Welle interferierenden Impulses; im letzteren Fall ist jedoch dieser erste Impuls sehr schwach und weiterhin empfängt der Reiter nur noch Stöße, deren größter Teil von einer rückläufigen Welle aufgehoben wird.

Stimmt man den dritten Teil der Saite z. B. einen Ton tiefer als die tönende Gabel, und legt man diese wieder auf, so erhält man, wie begreiflich, nur ein unangenehmes Geklirr.

2a. Es wurden beim Sonometer auch Flageolettöne nach der gewöhnlichen Manier erzeugt, die bekanntlich darin besteht, daß man an einen Punkt, der zum Knoten werden soll, den Finger ganz lose anlegt und die Saite dann reißt oder anstreicht[6]).

2b. Die Analogie ist am Schlauch wieder leicht zu erzielen. Man hat nur, wie unter **1a** beschrieben, zunächst die Lage der Knotenpunkte, z. B. der Flageolet-Oktave und die ihrer Quinte möglichst genau zu bestimmen und die Stelle mit Kreide zu markieren. Wenn man dann an dieser Stelle mit dem umgebogenen Finger oder mit den Spitzen zweier Finger den Schlauch festhält, kann man denselben zupfen, wie es Tyndall schon gemacht hat[7]). Schöner jedoch gelingt die Sache — und mehr der Art entsprechend, wie es bei einer Saite geschieht — wenn man ihn anstreicht. Man kann dann einfach den Schlauch lose in den Winkel zwischen zwei Fingern legen (ich verwende immer Daumen und Zeigefinger), sodaß er nicht eigentlich gefaßt wird, und ihn dann in der Richtung nach diesem Winkel hin anstreichen. Auch dürfte das Anstreichen selbst eine nicht unhübsche Analogie sein zu dem, was bei einer Seite geschehen kann.

Ich verwende hierbei ein Instrument, das dem Bogen unserer Streichinstrumente nachgebildet ist. Es besteht aus einem Stück spanischen Rohrs, das mittels einer mit gröberen Knoten versehenen Schnur in Bogenform gespannt wird. Die Schnur des Bogens wird hergestellt aus bestem Flanell; Tau würde den Schlauch zu sehr verletzen. Sie wird aus 3 Bündeln zusammengedreht, jedes aus 3 Bändern bestehend von ca. $1^1/_2$ cm Breite. Die Knoten werden in ca. 5 cm Entfernung angebracht und sind ca. 3 cm dick. Wenn man mit diesem Bogen den Schlauch anstreicht, geschieht, was bei einer Saite unter dem Einfluß des Bogens stattfindet: der Schlauch wird vom Bogen mitgeführt, bis die dadurch geweckte Spannung so groß geworden ist, daß er zurückschnellt; er wird dann aufs neue mitgeführt u. s. w.[8]). Die Knoten

---

[6]) Beiläufig mag erwähnt werden, daß bei unseren Streichinstrumenten, soviel ich weiß, durch Anreißen erhaltene Flageolettöne nur bei der Guitarre vorkommen; bei den Streichinstrumenten werden sie wohl nur durch Anstreichen erhalten und nie pizzicato gemacht. Früher scheint ein jetzt wenig bekanntes Instrument sehr verbreitet gewesen zu sein, bei dem die einzige darauf vorkommende Saite, außer im Grundton, nur noch in Flageolettönen gestrichen wurde. Es ist dies der Trumscheit (Trompetgeige, Tromba marina, trompette marine), dessen Klangfarbe mit der einer Trompete Ähnlichkeit gehabt haben soll, und der daher auch in Nonnenklöstern zum Spielen von Trompetenpartien ziemlich viel Verwendung gefunden hat; vergl. V. C. Mahillon, Catalogue descriptif & analytique du musée instrumental du conservatoire de Bruxelles, namentlich T. I, 2e ed. Gand, Ad. Hoste 1893, S. 310 (dort und in T. 3 S. 36 auch abgebildet). In Riemanns Musiklexikon (4. Aufl.) wird erwähnt, daß es auch noch hinzugefügte Saiten geben konnte, die stets als Bordune mitgestrichen wurden. Es scheint dies jedoch für keines der Exemplare vom Konservatorium in Brüssel zu gelten.

[7]) Tyndall, l. c. S. 96.

[8]) Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen, 5. Ausg., 1896, S. 142.

der Schnur geben also die zum Mitführen des Schlauchs erforderliche größere Reibung, und ersetzen das Kolophonium am Geigenbogen. Wenn man in der beschriebenen Weise nun den Schlauch an einer der gefundenen Knotenstellen ruhig hält und ihn in der erwähnten Richtung mit dem Bogen anstreicht, so kommt die der gewählten Knotenstelle entsprechende Flageolet-Schwingung sehr schön zum Vorschein.

3a. Obertöne in den Klängen tönender Saiten werden am Sonometer in bekannter Weise durch Reißen oder Anstreichen und nachheriges Dämpfen an der Stelle irgend eines Obertons in bekannter Weise demonstriert.

3b. Auch unser Schlauch kann sehr schön zu analogen Experimenten dienen. Hierzu spannt man denselben zunächst etwas stark an und bestimmt wieder genau die Lage der Knotenpunkte bei 3—4 Obertönen. Man kann nun den Schlauch wieder reißen oder anstreichen. Wenn man ihn anstreicht, erhält man eine anscheinend ziemlich unregelmäßige Bewegung, obgleich ihre Periodizität wohl bemerkbar ist.

Um nun zu zeigen, daß in dieser Bewegung einfachere Schwingungen vorhanden sind, fasse ich während ein paar Sekunden mit Daumen und Zeigefinger den Knotenpunkt des ersten Obertons an, und zwar sofort nach dem Anstreichen. An dieser Stelle bleibt er nun in Ruhe, die Schwingungen, die hier keinen Knotenpunkt haben, werden zerstört. Überall sonst jedoch bleibt er noch einige Zeit in Bewegung und führt die Schwingungen des ersten Obertons aus, zugleich aber auch diejenigen des dritten, des fünften u. s. w. Weil die höheren aber schwach sind, treten hauptsächlich doch die Bewegungen des ersten hervor.

In ähnlicher Weise können höhere Obertöne in solchen durch Anstreichen erhaltenen komplizierten Schwingungen demonstriert werden.

Wenn jemand, dem die Lehre von den schwingenden Saiten unbekannt ist, die anscheinend unregelmäßige Bewegung sieht, in die der Schlauch durch den Bogen versetzt wird, so könnte er meinen, daß sozusagen jede Bewegung im Schlauch vorhanden wäre, daß also jede Stelle zu einem Knotenpunkt deutlicher Schwingungen gemacht werden könnte. Bekanntlich ist dem nicht so, und es sind in einer klingenden Saite die Obertöne nur bis zu einer gewissen Höhe und meistens noch mit sehr stark verminderter Intensität nachzuweisen. An unserem Schlauch ist Ähnliches wiederum sehr leicht ad oculos zu demonstrieren.

Hierfür wollen wir zunächst in Betracht ziehen, daß der vierte Oberton der nächste Partialton ist, der bei einer gespannten Saite einen Knotenpunkt hat zwischen dem Knotenpunkt des ersten und einem der beiden des zweiten Obertons. Nachdem nun der Schlauch wieder kräftig angestrichen ist, fasse ich ihn genau in $^2/_5$ vom unteren Ende, an einem Punkt, den wir bei unserem Schlauch zwischen den beiden mit Kreide markierten des ersten und zweiten Obertons liegen sehen. Innerhalb weniger Sekunden ist dann alle Schwingung zur Ruhe gekommen. Der berührte Punkt kann nicht Knotenpunkt des vierten Obertons sein (weil der Schlauch nicht gewichtslos ist); er könnte als Knotenpunkt nur höheren Partialtönen angehören. Aber, wenn dies auch der Fall wäre, dann wären diese Partialschwingungen doch nicht oder kaum mehr merkbar. Man ist bei dem letzteren Versuch durchaus nicht auf einen Punkt beschränkt, der gerade $^2/_5$ von einem Ende entfernt ist. Es ist aber gut, nicht tiefer zu gehen, denn dann könnte man gerade auf einen Knotenpunkt des vierten Obertons stoßen, was man daran bemerkt, daß der Schlauch nicht alsbald in völlige Ruhe übergeht. Die genaue Lage der Knotenpunkte des vierten Obertons ist übrigens, wenn es darauf ankommt, noch sehr wohl zu bestimmen.

4a. Bekanntlich ist bei einer Saite die Art, worin sie in Bewegung gebracht wird, und die Stelle, wo dies geschieht, von großem Einfluß auf die Klangfarbe. Nach Helmholtz kommen sogar die Töne, die an der gerissenen Stelle einen Knotenpunkt haben, gar nicht in dem Klang vor[9]).

4b. Beim Schlauch sieht man Analoges. Reiße ich denselben am Knotenpunkt des ersten Obertons und bringe dann diese Stelle mit Daumen und Zeigefinger zur Ruhe, so ist alsbald im Schlauch eine Schwingungsbewegung kaum noch oder garnicht mehr vorhanden. Reiße ich alsdann dieselbe Stelle, aber dämpfe an einem Knoten des zweiten Obertons, so kommt die Schwingung dieses Tones sehr deutlich zum Vorschein u. s. w.

Der beschriebene Schlauch scheint mir mit Vorteil auch noch in verschiedenen anderen Fällen verwendbar zu sein, die ich aber bis dahin nicht verwirklichen konnte, weil die Physik meiner gewöhnlichen Tätigkeit fernliegt. Die vornehmsten davon werden im folgenden kurz besprochen.

1. Demonstration der Resonanz. Zu diesem Zweck würde ich die Hülsen *H* (Fig. 2) zweier Schläuche mittels eines Bügels an einer Kette aufhängen und ihre seitliche Verbindung herstellen mittels eines elastischen Metalldrahtgewebes (bestehend aus ineinandergedrehten Spiralen), wie es die Firma Auping in Deventer (Holland) für ihre Matratzen verwendet.

2. Synthese und Analyse verschiedener Schwingungsformen.

Oben haben wir gesehen, daß, wenn die Hand in geeigneter Weise den Schlauch hin und her bewegt, dieser in stehende Schwingung übergeht. Wenn man — wie oben angegeben — mit der Hand der Neigung des Schlauchs soviel wie möglich folgt, so wird, wenigstens der Hauptsache nach, die stehende Welle einer einfachen Schwingung erhalten werden; denn in der auf diese Weise hervorgerufenen Bewegung lassen sich nur schwache Obertonschwingungen demonstrieren, im Gegensatz zu dem, was sich zeigt, wenn der Schlauch gerissen oder gestrichen wird.

Wir können uns aber auch vorstellen, daß ein Punkt des Schlauches dazu gebracht wird, eine zusammengesetzte Schwingung auszuführen, das heißt also eine Bewegung, welche die Resultante wäre von zwei oder mehr einfachen Schwingungen und die dann einzeln auch noch in verschiedener Amplitude vorhanden sein könnten. Es wäre wohl unmöglich, dies ohne Hilfsapparate zu erreichen. Wie mir mein Kollege van Dam mitteilt, könnte das, was ich wünsche, nach einiger Modifikation, wahrscheinlich erreicht werden mit dem von ihm konstruierten Apparat zur Zusammensetzung von Wellenbewegungen[10]). Mit diesem muß es möglich sein, eine von der Hand ausgeübte gleichmäßig rotierende Bewegung so zu transformieren, daß eine aus zwei einfachen Schwingungen resultierende Schwingungsbewegung entsteht. Wäre z. B. für die eine dieser Schwingungen die Schwingungszeit t vom Grund„ton" des Schlauchs gewählt und für die andere die Schwingungszeit $^1/_2\ t$ und dieser letzteren auch eine kleinere Amplitude gegeben, so würde, falls die resultierende Schwingung auf den Schlauch übertragen würde, eine Schwingungsform entstehen, von der man ein Stadium bei Helmholtz, a. a. O., S. 50, Fig. 11 C abgebildet findet.

---

[9]) Ich muß gestehen, daß ich an meinem Sonometer diesen Ton, wenn auch zuweilen sehr schwach, immer noch höre. Das Resultat scheint aber sehr abzuhängen von der Genauigkeit, mit der die richtige Stelle getroffen wird.

[10]) Diese Zeitschrift, VII. Jahrg., 1894, S. 178.

Diese Schwingungsform ist aber nicht die einer echten stehenden Welle; die Punkte befinden sich zwar zu gleicher Zeit in der Gleichgewichtslage, aber die größten Abweichungen werden nicht in demselben Moment erreicht. Wie eine einfache Konstruktion zeigt, bleibt immer eine den Schlauch entlang auf- und ablaufende Welle von veränderlicher Höhe bestehen.

Diese, und bei entsprechender Veränderung im wellenerzeugenden Apparat auch andere Schwingungsformen, müßten sich also an unserem Schlauch hervorbringen lassen.

Man könnte aber die im Schlauch erregten Schwingungsformen auch wieder analysieren. Durch Dämpfen an der Stelle der Knotenpunkte gewisser darin vorhandenen Bewegungen könnte man diese bestehen lassen, aber andere, die an denselben Punkten Bäuche hätten, ausschalten. Hierdurch wäre es vielleicht möglich, zu zeigen, daß in dem bewegenden Schlauch nur diejenigen Partialschwingungen deutlich nachzuweisen sind, die auch im wellenerzeugenden Apparat tätig sind, daß aber alle anderen ganz oder fast fehlen. Die Ausführung des Dämpfens muß natürlich so geschehen, daß man nicht durch ungeschickte Stöße neue Bewegungen im Schlauch hervorruft.

Wenn man vielleicht einige Mühe hat, dies zu erreichen, so dürfte es sich empfehlen, den Schlauch zu fassen mittels zweier einander mit den Haaren zugewendeter Bürsten.

3. Bildliche Fixierung des Übergangs von laufenden in stehende Wellen. Obgleich sich beim Schlauch die stehenden Wellen sehr gut mit dem Auge verfolgen lassen, sind doch seine Bewegungen noch zu schnell, um den Übergang der laufenden in stehende Wellen wahrnehmen zu können. Meiner Meinung nach wäre dies aber dadurch zu erreichen, daß der Schlauch beim Beginn der Bewegung kinematographisch aufgenommen wird, nachher könnten zum Studium und zur Demonstration die Aufnahmen mit jeder gewünschten Verzögerung projiziert werden. Diese Methode hätte vor der stroboskopischen den Vorteil, daß sich mit ihr das Entstehen der stehenden Wellen verfolgen ließe, was mir nicht ohne Interesse zu sein scheint.

Januar 1903.

Direkte und indirekte Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Wellenbewegung.

Von

Dr. **W. Elsässer** in Charlottenburg bei Berlin.

Zur Bestimmung der Geschwindigkeit, mit der sich eine Wellenbewegung in einem homogenen Mittel fortpflanzt, benutzt man zwei verschiedene Methoden, eine direkte und eine indirekte. Im ersten Falle mißt man die zum Durchlaufen einer vorher bestimmten Strecke gebrauchte Zeit und bestimmt hieraus den Weg, um den die Erschütterung in einer Sekunde fortschreitet, im anderen Falle benutzt man die Beziehung, die bei jeder Wellenbewegung zwischen Fortpflanzungsgeschwindigkeit, Schwingungszahl und Wellenlänge besteht. Diese durch die Formel $c = n \cdot \lambda$ ausgedrückte Beziehung gestattet, wenn λ und n bekannt sind, die Geschwindigkeit der Fortpflanzung in jedem einzelnen Falle zu berechnen. Im allgemeinen sind die indirekten Bestimmungen leicht ausführbar, sie finden daher auch im Unterricht ohne weiteres Verwendung. Anders steht es mit den direkten Messungen. Diese haben

bisher in den physikalischen Unterricht kaum Eingang gefunden, obgleich die unmittelbare Anschaulichkeit derselben es wünschenswert macht, wenigstens in einem Falle dem Schüler die hier zur Verwendung kommende Methode vor Augen zu führen. Die Gründe hierfür liegen in den experimentellen Schwierigkeiten, mit denen die meisten dieser Versuche verbunden sind. Das gilt nicht nur für das Gebiet der Optik und der Elektrizitätslehre — die hierher gehörigen Versuche bleiben Laboratoriumsversuche und können für die Schule nicht in Betracht kommen — auch die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit enthält noch mancherlei Unbequemlichkeiten, die zur Vornahme eines Versuchs im Unterricht wenig ermuntern.

Das Charakteristische beider Methoden läßt sich leicht vor Augen führen, wenn man die Schwingungen weicher Fäden benutzt. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Transversalwellen ist hier verhältnismäßig gering und kann daher ohne Schwierigkeiten direkt bestimmt werden, andererseits läßt sich die Wellenlänge aus den schön ausgebildeten stehenden Wellen und der Lage ihrer Knotenpunkte bequem messen.

1. Indirekte Bestimmung von c.

Eine kräftige, 2 mm dicke Stahlfeder von 20 cm Länge und 5 cm Breite wird bei A (Figur 1) so festgeklemmt, daß sie vertikale Schwingungen ausführen kann. Die Schwingungen werden dadurch hervorgerufen, daß man das freie Ende mit der Hand herunterbiegt, und dann wieder los läßt. Sie verlöschen wegen der nicht unbeträchtlichen Dämpfung allerdings bald, aber ihre Dauer reicht für die folgenden

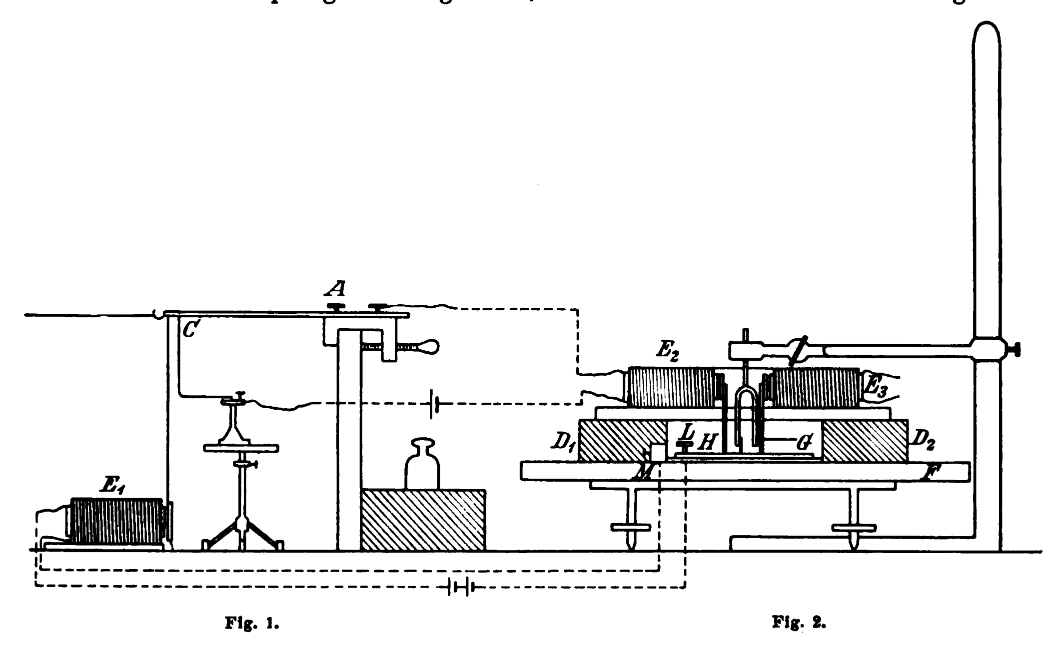


Fig. 1. Fig. 2.

Versuche vollkommen aus, nötigenfalls kann man immer wieder von neuem die Schwingungen erregen. An dem freien Ende befindet sich ein Haken, an dem ein dünner weicher Seidenfaden angeknüpft wird. Er wird auf eine Länge von etwa 10 m horizontal ausgespannt und an der gegenüberliegenden Wand oder einem passenden Stativ befestigt. Durch Verschieben der Klemmvorrichtung für die Feder in der Richtung des Fadens läßt sich die Spannung innerhalb weiter Grenzen verändern. Biegt man nun die Feder langsam herunter und läßt sie dann plötzlich wieder frei, so pflanzt sich die Erschütterung in einer Transversalwelle längs des

Fadens fort, erreicht das andere Ende, wird hier reflektiert, sodaß eine neue Welle (mit einem gewissen Verlust an Energie) den Faden zurückläuft. Folgen mehrere Wellen von A aus hintereinander, so tritt eine Interferenz der direkten und reflektierten Wellen ein und der Faden wird in erzwungene Schwingungen versetzt, welche durch die Meldeschen Versuche allgemein bekannt sind. Es entstehen Stellen größter und geringster Schwingungsweite, die dann am markantesten auftreten, wenn die Länge des ganzen Fadens ein Vielfaches der Länge der fortschreitenden Welle beträgt. Die Theorie zeigt, daß der Abstand zweier benachbarter Knotenpunkte dann gleich der halben Länge der fortschreitenden Welle ist, wobei beachtet werden muß, daß das Ende der schwingenden Feder als Knotenpunkt bei der Messung nicht in Betracht kommen darf. Man reguliert nun die Spannung so, daß die Knotenpunkte sich recht deutlich ausbilden, und mißt den Abstand derselben. Damit erhält man die Wellenlänge λ. Die Schwingungszahl der Feder wird dadurch bestimmt, daß man sie mit einer bekannten Schwingungszahl vergleicht. Man befestigt zu diesem Zweck an dem freien Ende der Feder die Spitze einer Nähnadel, ebenso an dem einen Zinkenende einer Stimmgabel von bekannter Schwingungszahl. Beide Spitzen läßt man dann möglichst nahe nebeneinander auf einer bestaubten Glasplatte schleifen, die man auf horizontaler Unterlage schnell unter den Spitzen vorzieht. Ein gleichmäßiges Bewegen der Platte ist hierbei zu empfehlen, aber nicht unbedingtes Erfordernis. Man bestimmt die Zahl der bei beiden Kurven auf dieselbe Strecke kommenden Wellen, das Verhältnis dieser Zahlen gibt das Verhältnis der Schwingungszahlen. Als Vergleichsgabel wählt man am besten eine Normalgabel mit 435 Schwingungen, die von der physikal.-techn. Reichsanstalt geaicht ist; sie gibt eine vollkommen zuverlässige Periodenzahl. Die Tonhöhe einer solchen Gabel wurde durch eine an der einen Zinke angebrachte Schreibspitze nicht merklich geändert, wenigstens konnten durch Vergleich mit einer anderen unbelasteten Normalgabel Schwebungen nicht nachgewiesen werden. Bei der für die folgenden Versuche benutzten Feder kamen auf eine Welle der Feder $27\frac{1}{2}$ Wellen der Gabel, hieraus ergibt sich als Schwingungszahl der Feder $\frac{435}{27,5} = 15,8$. Die Halbwellen des Fadens wurden auf die vorhin angegebene Weise gemessen, es ergeben sich hiernach bei 4 verschiedenen Versuchen die Wellenlängen

$$\lambda_1 = 4,40 \text{ m} \qquad \lambda_2 = 3,30 \text{ m} \qquad \lambda_3 = 2,64 \text{ m} \qquad \lambda_4 = 2,20 \text{ m}$$

und hieraus

$$c_1 = 69,5 \text{ m/sec}, \quad c_2 = 52,14 \text{ m/sec}, \quad c_3 = 41,7 \text{ m/sec}, \quad c_4 = 34,76 \text{ m/sec}.$$

2. Direkte Bestimmung von c.

Die Versuchsanordnung entspricht hier im Prinzip der graphischen Methode, die zuerst Regnault anwandte, um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Röhren und in freier Luft zu bestimmen. Es ist in diesem Falle nur nötig, eine einzige Welle den Faden entlang laufen zu lassen. Man wählt auf dem Faden einen bestimmten Punkt aus — etwa 5 m vom Anfangspunkt entfernt — und bestimmt die Zeit, welche die Welle gebraucht, um vom Anfangspunkt bis dahin zu gelangen. Unmittelbar neben dem Haken der schwingenden Feder wird ein Zwirnfaden befestigt und vertikal nach unten zu einem Elektromagneten E_1 geführt; er wird bei Beginn des Versuchs etwas nach unten gezogen und durch Schließen des Stromes zwischen Anker und Eisenkern festgeklemmt. Die Feder wird hierdurch etwas abwärts gebogen und in dieser Stellung festgehalten. Bei C berührt die heruntergebogene

Feder eine Kontaktspitze, von der eine Leitung zu dem einen Pol eines Trockenelementes führt, während die Feder mit dem linken Elektromagnet E_2 und dieser mit dem anderen Pol des Elementes in Verbindung gebracht wird. Dem Elektromagnet E_2 steht in kurzer Entfernung (Fig. 2) ein gleicher E_3 gegenüber. Die Anker dieser Elektromagnete bestehen aus federnden Streifen von Eisenblech; zwischen ihnen und den Eisenkernen bleibt durch ein aufgeklebtes Kartonstück ein geringer Zwischenraum. Auf der dem Elektromagneten abgewandten Seite tragen die Anker ein dünnes Holzstäbchen, das schräg nach vorn vorspringt und am Ende mit einer Nadelspitze versehen ist. Die Grundplatte der beiden Elektromagnete ist auf zwei Holzklötze D_1 und D_2 aufgesetzt, die auf einer dicken, gut horizontal gerichteten Glasplatte F fest aufgeleimt werden. In den Zwischenraum paßt eine dünne, gleichmäßig starke Glasplatte G, die auf ihrer Unterlage verschoben werden kann. Eine schmale am vorderen Rand der Glasplatte aufgesetzte Holzleiste H dient dabei als Handhabe, die Innenseiten der Holzklötze als Führung. Auf der Platte schleifen lose die Spitzen der beiden Ankerstäbchen, ebenso eine dritte Spitze, die an einer Normalstimmgabel befestigt wird, welche man zwischen den beiden Elektromagneten aufstellt. An dem linken Ende der Holzleiste H ist seitlich eine weiche kurze Feder eingesetzt, die einerseits mit der Klemmschraube L in Verbindung steht, andererseits das vierkantige Messingstück M schleifend berührt. Diese Kontaktvorrichtung ist zugleich mit dem Elektromagneten E_1 in den Stromkreis eines kleinen Akkumulators eingeschaltet. Der Elektromagnet E_2 wird durch ein zweites Trockenelement gespeist, dessen Leitung die Kontaktvorrichtung Fig. 3 enthält. Diese besteht aus einem etwa 20 cm langen bei P umgebogenen Platindraht, dem in der Mitte ein kurzes Querstäbchen aus Platin aufgelötet ist. Dieses Querstäbchen ruht in 2 Ösen, die aus kräftigem Kupferdraht gebogen sind und die somit als Achsenlager für den Drahthebel dienen. Der rechts von der Achse liegende Teil des Hebels ist etwas länger als der andere, sodaß das Ende P sich mit leichtem Druck gegen die Metallplatte R anlegt. Die Vorrichtung wird so aufgestellt, daß das Hebelende S direkt auf dem Faden aufliegt.

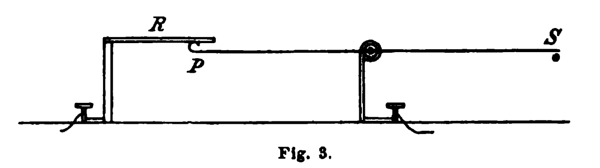


Fig. 3.

Um eine gute Schreibfläche herzustellen, habe ich ein Verfahren bewährt gefunden, welches schon früher in dieser Zeitschrift (*IV 177*; *VII 121*) empfohlen wurde. Man wischt die vorher trocken geputzte Glasplatte mit einem Leinwandläppchen, das mit gutem Maschinenöl nur wenig angefeuchtet ist, ab und streut etwas Bärlappsamen darauf. Dann neigt man die Platte nach unten und läßt das Pulver in einem breiten Streifen herunterrollen, welcher der Entfernung der beiden äußeren Schreibspitzen etwa entspricht. Bläst man noch leicht über die Platte, sodaß das überschüssige Pulver entfernt wird, so erhält man eine schöne und gleichmäßige Staubschicht, die für alle graphischen Aufzeichnungen mit Vorteil zu verwenden ist.

Vor Beginn des Versuchs überzeugt man sich durch langsames Bewegen der Platte, ob alle Spitzen lose auf der Schreibfläche schleifen, dann werden alle Stromkreise geschlossen, sodaß die Anker der Elektromagnete E_2 und E_3 angezogen werden. Wird nun die Stimmgabel erregt und die Platte schnell vorgezogen, so erhält man als Spur der drei Spitzen die in Fig. 4 abgebildeten Linienzüge. Die mittlere Wellenlinie wird von der Stimmgabelspitze beschrieben, die beiden seitlichen Linien bilden die Spur der Ankerspitzen. Im Anfang, solange im Stromkreis keine Änderung ein-

tritt, laufen diese Linien parallel, bei weiterer Bewegung der Platte wird dann der Kontakt bei M gelöst, sodaß der Faden des Elektromagneten E_1 losgelassen wird und die bis dahin abwärts gezogene Feder in die Höhe schnellt. In diesem Augenblick wird auch der Kontakt bei C gelöst und der Anker von E_2 wird abgerissen. Er macht dann einige Schwingungen von abnehmender Amplitude und kommt schließlich wieder zur Ruhe. In der Form des linken Linienzuges ist dieser Vorgang zum Ausdruck gebracht; von Wichtigkeit für die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist der Punkt V, welcher dem Abreißen des Ankers entspricht. Die bei A durch die Bewegung der Feder hervorgerufene aufwärts gerichtete Erschütterung pflanzt sich nun durch den Faden fort, gelangt nach dem Punkte S (Fig. 3) — 5 m vom Anfangspunkt entfernt — und stößt hier den Hebel PS in die Höhe. Bei der dadurch bewirkten Stromöffnung wird der zweite Ankerabgerissen und man erhält als Bild seiner Bewegung den rechten Linienzug, bei welchem der Punkt N dem Augenblick des Ankerabreißens entspricht. Projiziert man NV auf die Mittellinie und zählt die zwischen den beiden erhaltenen Marken liegenden Stimmgabelwellen, so kann man hieraus die Zeit bestimmen, welche die Erschütterung gebraucht, um von B nach S zu gelangen. Damit hat man die beiden zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit notwendigen Stücke. Um die nach beiden Methoden erhaltenen Resultate vergleichen zu können, wurden dieselben Fadenspannungen benutzt, wie sie den 4 Versuchen zu Grunde liegen, die am Schluß von 1) angegeben sind. Es wurden im ersten Falle 31, im zweiten 41, im dritten 52 und im vierten 63 Stimmgabelwellen gezählt. Da in allen 4 Fällen dieselbe Strecke von 5 m durchlaufen wurde und die Stimmgabel 435 Schwingungen in der Sekunde macht, mithin einer Welle die Zeit $^1/_{435}$ Sek. entspricht, so ergeben sich hieraus die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten:

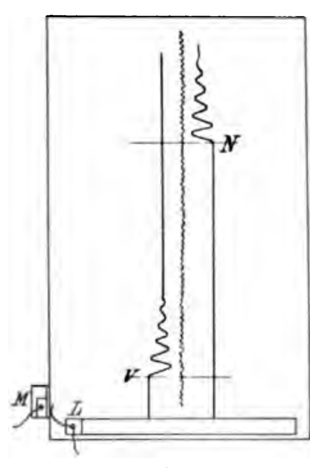


Fig. 4.

$$c_1 = \frac{5 \cdot 435}{31} = 70 \text{ m/sec.}, \quad c_2 = \frac{5 \cdot 435}{41} = 53 \text{ m/sec.}$$

$$c_3 = \frac{5 \cdot 435}{52} = 42 \text{ m/sec.}, \quad c_4 = \frac{5 \cdot 435}{63} = 34{,}2 \text{ m/sec.}$$

Die erhaltenen Zahlen stimmen mit den nach 1) erhaltenen Resultaten gut überein.

Eine einfache Ableitung für die Grundgleichung der kinetischen Gastheorie.

Von

Theodor Schwedoff, Professor der Physik an der Universität Odessa.

Die Ableitung der Gleichungen der kinetischen Theorie der Gase beruht bekanntlich auf der Wahrscheinlichkeitsrechnung und ist daher erst dann verständlich, wenn die Studierenden sich diese Wissenschaft schon vorher angeeignet haben. Auch ist es üblich die Ableitung zu vereinfachen, indem man die Geschwindigkeit jedes Gasmoleküls in drei Komponenten parallel den Koordinatenachsen zerlegt; oder man ersetzt gar die Moleküle selbst durch die dreifache Zahl neuer Moleküle, deren Geschwindigkeiten parallel den drei Kanten

eines Kastens gerichtet sein sollen. Dadurch wird aber ein noch grösseres Gewimmel in die schon an sich lebhafte Bewegung des Molekülenschwarms eingeführt, was die Anstrengung der Einbildungskraft schwerlich erleichtert.

Da aber die kinetische Theorie der Gase nicht nur für die wissenschaftliche Naturforschung von größter Bedeutung ist, sondern auch dem Unterrichte ein vortreffliches Mittel bietet, um die verwickelten Erscheinungen bei Gasen und Dämpfen logisch zu verknüpfen, so ist es wünschenswert, wenigstens die Grundgleichungen dieser Lehre im Unterricht in der Weise zu behandeln, daß das geheimnisvolle Wesen der Molekülenwelt nicht durch eine komplizierte Erklärung noch dunkler wird. In dieser Absicht erlaube ich mir hier eine Ableitung jener Grundgleichungen vorzulegen, der es, wie mir scheint, an Klarheit nicht fehlt.

Anstatt eines parallelepipedischen Kastens wollen wir einen sphärischen Ballon wählen, um die von uns zu betrachtende Gasmenge zu begrenzen. Wir machen die Hypothese, daß die Gasmenge aus einer sehr großen Zahl vollständig elastischer Moleküle besteht, welche sich in allen möglichen Richtungen geradlinig bewegen, bis sie an die Gefäßwand oder aneinander stoßen, worauf sie nach den Gesetzen des elastistischen Stoßes abprallen, um weiter fortzuschreiten. Um die Aufgabe zu vereinfachen, werden die Moleküle als kugelförmig angesehen.

Es sei nun AA' (Fig. 1) ein kugelförmiges Gefäß, in dem ein Gasmolekül m geradlinig mit der Geschwindigkeit u in der Richtung des Pfeiles fortschreitet. Wenn das Molekül die Wand unter einem gewissen Winkel α im Punkte a trifft, wird es unter demselben Winkel mit derselben Geschwindigkeit zurückgestoßen, um seinen Flug unter denselben Bedingungen in der Ebene eines großen Kreises weiter zu verfolgen, erst in der Richtung der Sehne ab, dann bb' u. s. w., bis es durch den Stoß mit einem anderen Moleküle von seinem Wege abgelenkt wird. Durch diese Reihe von Stößen wird das Molekül auf die Wand des Gefäßes einen gewissen Druck ausüben, der zu berechnen ist.

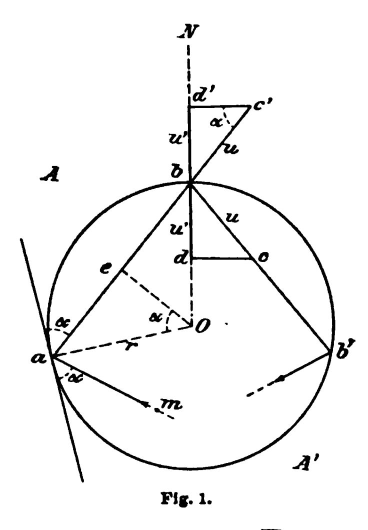


Fig. 1.

Aus der elementaren Mechanik ist bekannt, daß der Druck, den die Stöße auf eine Wand ausüben, gleich ist der Änderung der Bewegungsgröße während einer Sekunde. Man muß also jene Änderung im unseren Falle für einen Stoß berechnen und den erhaltenen Wert mit der Zahl der Stöße in einer Sekunde multiplizieren.

Es seien (Fig. 1): $\overline{bc} = u$ die Größe und Richtung der Geschwindigkeit nach dem Stoße; $\overline{bc'} = u$ die Geschwindigkeit vor dem Stoße; $\overline{oN}$ eine Normale; $bd = u_1$ die normale Komponente der Geschwindigkeit $\overline{bc}$; $bd' = -u_1$ die Komponente der Geschwindigkeit $\overline{bc'}$; m die Masse des Moleküls; q die gesuchte Änderung der Bewegungsgröße. Dann hat man:

$$q = m\,[u_1 - (-u_1)] = 2\,m\,u_1 = 2\,m\,u \cdot \sin \alpha.$$

Es seien ferner:

r der Radius des Ballons; $\overline{ab} = 2\,l$ die Länge der Sehne; t die Zeit zwischen zwei Stößen; N die Zahl der Stöße in einer Sekunde.

Dann ist:

$$2\,l = u\,t;\quad l = r \cdot \sin \alpha;\quad N = \frac{1}{t}$$

Folglich: $N = \dfrac{u}{2r \sin \alpha}$.

Bezeichnet endlich p_s den Druck auf die Wandoberfläche, so ist:

$$p_s = q \cdot N = \frac{m\,u^2}{r}.$$

Dies ist aber nichts anderes, als die Zentrifugalkraft. Wir erhalten also den Satz: Wenn ein elastisches Molekül in einem sphärischen Gefäße in allen möglichen Richtungen hin-

und herfliegt und der Wand Stöße erteilt, so ist der dadurch erzeugte Druck ebenso groß, als ob das Molekül längs der inneren Oberfläche des Gefäßes mit der Geschwindigkeit seines Fluges rollte. Dabei ist zu bemerken, daß der Druck sich zunächst nur auf die Punkte des großen Kreises bezieht, in dessen Ebene das Molekül herumfliegt.

Jetzt wenden wir uns zu dem Falle, daß zwei Moleküle von verschiedenen Massen m und μ, und mit Geschwindigkeiten u und η im Gefäße vorhanden sind, wobei die Ebenen ihrer Bahnen mit einander einen beliebigen Winkel bilden. Um den von ihnen auf die Wand ausgeübten Druck zu berechnen, und bloß zu diesem Zwecke, können wir, nach dem soeben Gesagten, ihre wirklichen Bewegungen im Gefäßraum durch das Rollen auf der inneren Oberfläche des Ballons, längs der großen Kreise ihrer Bahnen, ersetzen. Es ist möglich, daß in dem einen Durchschnittspunkte dieser Kreise beide Moleküle zu derselben Zeit eintreffen. Dann folgt ein Stoß zwischen ihnen. Die beiden Moleküle können dann ganz andere Richtungen und andere Geschwindigkeiten annehmen. Es seien u' und η' diese neuen Geschwindigkeiten und p'_s der neue Oberflächendruck. Vor dem Stoße war der Druck, den beide Moleküle ausübten,

$$p_s = \frac{m u^2}{r} + \frac{\mu \eta^2}{r} = \frac{1}{r}(m u^2 + \mu \eta^2).$$

Nach dem Stoße hat man:

$$p'_s = \frac{m u'^2}{r} + \frac{\mu \eta'^2}{r} = \frac{1}{r}(m u^2 + \mu \eta'^2).$$

Nun ist die lebendige Kraft des Stoßes dieselbe wie vor dem Stoße, da die Elastizitätskräfte innere Kräfte sind. Daraus folgt, daß die rechten Seiten der beiden letzten Gleichungen gleich sind, folglich $p_s = p'_s$. Ein Stoß zwischen zwei Molekülen ändert also den Druck nicht, den sie auf die Gefäßwand ausüben. Dieselbe Auseinandersetzung kann man für eine beliebige Zahl Moleküle anwenden. Daraus folgt der Satz: Haben wir im Gefäße eine große Zahl Gasmoleküle, deren Massen m', m'', m''' . . . und Geschwindigkeiten u', u'', u''' . . . sind, so ist ihr Druck auf die innere Wand

$$p_s = \frac{1}{r} \sum m u^2.$$

Es ist dabei zu bemerken, daß kein Unterschied zwischen zentralen und nichtzentralen Stößen gemacht ist. In der Tat ist in dem von uns betrachteten Falle kein Unterschied möglich. Nach der Hypothese sind die Gasmoleküle vollständig elastische, folglich reibungsunfähige Kugeln; dann kann auch ein nicht zentraler Stoß keine rotierende Bewegung des Moleküls verursachen. Die lebendige Kraft der fortschreitenden Bewegung kann daher in unserem Falle keine Verluste erleiden.

Wie gesagt, ist p_s der Druck auf die Oberfläche des Gefäßes. Will man den Druck p auf die Flächeneinheit erhalten, so hat man p_s durch die Größe der Oberfläche zu dividieren. Bezeichnet v das Volumen des Gefäßes, so hat man:

$$p = \frac{p_s}{4 \pi r^2} = \frac{1}{3} \frac{\Sigma m u^2}{{}^4/_3 \pi r^3} = \frac{1}{3} \frac{\Sigma m u^2}{v}$$

Haben wir nur eine Gasart im Ballon, und ist dabei n die Zahl der Moleküle und M die Gasmenge, so folgt:

$$p v = \frac{1}{3} n m \frac{1}{n} \Sigma u^2 = \frac{1}{3} M U^2 \ . \ . \ . \ (1)$$

Dies ist die Grundgleichung der kinetischen Theorie der Gase, welche sich so aussprechen läßt: das Produkt des Druckes in das Volumen ist gleich $^1/_3$ des Produktes der Gasmenge in den Mittelwert des Quadrats der Geschwindigkeit U der Gasmoleküle.

Stellen wir uns jetzt vor, daß der Ballon durch eine ebene diametrale Scheidewand $a d c$ (Fig. 2; in dieser Fig. ist unten ein c zu setzen) in zwei gleiche Teile abc und $ab'c$ geteilt ist, und daß die linke Seite $ab'c$ abgeschnitten ist. In der rechten Seite bleibe es nur die Gas-

menge $M/2$. Es ist zu ermitteln, wie groß der Druck auf die ebene Wand ac ist. Zuerst ist zu bemerken, daß die Bedingungen der Stöße auf die sphärische Oberfläche abc durch die Einführung der Scheidewand nicht im mindesten verändert sind. Denn, hätte früher ein Molekül m (Fig. 2), welches in der Richtung md fortschreitet, den Punkt e' der linken Seite unter einem Winkel α getroffen, so trifft es jetzt die rechte Seite abc im Punkte e unter demselben Winkel α, nachdem es von der ebenen Wand zurückgestoßen wurde. Die Länge seiner Bahn bleibt auch dieselbe, weil $de = de'$. Nur die Zahl der Stöße gegen die rechte Seite ist jetzt doppelt so groß geworden, als früher; denn alle die Stöße, welche früher für die linke Seite bestimmt waren, wenden sich auf den rechten Teil abc der sphärischen Wand. Da aber die Gasmenge nur die Hälfte des vorigen ist, so bleibt jede Flächeneinheit der sphärischen Wand demselben Druck p unterworfen.

Fig. 2.

Was die ebene Scheidewand anbetrifft, so hat sie auch denselben Druck auszuhalten. Denn sonst wären die Kräfte, welche den halbsphärischen Körper nach rechts und nach links drücken, ungleich. Dann würde der Körper unter der Wirkung innerer Kräfte in fortschreitende Bewegung geraten, was mechanisch unmöglich ist.

Da eine diametrale Scheidewand in allen möglichen Lagen denkbar ist, so folgt daraus, daß der Druck im ganzen Raum des Gefäßes derselbe ist, als an seiner inneren Oberfläche.

Es ist jetzt noch aufzuklären, wie die Gasdichtigkeit im inneren Raum verteilt ist. Nach der Hypothese fliegen die Moleküle ganz willkürlich hin und her, ohne irgend welche vorbestimmte Ordnung. Es kann daher nicht ohne weiteres selbstverständlich sein, daß die Zahl der Moleküle in einer Volumeneinheit überall dieselbe sein wird. Stellen wir uns vor, daß im Inneren der Gasmasse eine Blase entsteht, d. h. ein sphärisches Gefäßchen von Volumen β. Dieses Bläschen wird in sich eine Gasmenge μ einschließen. Nach dem soeben Gesagten soll der Druck im Inneren der Blase derselbe sein als draußen.

$$p = \frac{1}{3}\frac{M}{V}U^2$$

Da aber die Blase selbst auch ein kugelförmiges Gefäß ist, so soll in ihrem Inneren der Druck sein

$$p = \frac{1}{3}\frac{\mu}{\beta}U^2$$

Aus beiden Gleichungen folgt

$$\frac{M}{V} = \frac{\mu}{\beta}$$

Also die mittlere Dichtigkeit in jedem Teile des Raumes ist gleich der mittleren Dichtigkeit der ganzen Gasmenge; also sie ist überall dieselbe.

Wenden wir diese Folgerung zu der Grundformel (1) an, so bekommen wir:

$$p = {}^1/_3\, \delta U^2;\ \delta = \frac{3p}{U^2} \quad \ldots (2)$$

Jetzt sind wir im stande zu beweisen, daß die Grundgleichung (1) nicht nur für ein sphärisches, sondern auch für ein beliebig geformtes Gefäß gültig ist.

Denken wir uns, daß eine geschlossene Wand von beliebiger Form im Innern des Ballons ein Volumen V' begrenzt. Es sei M' die in diesem Volumen eingeschlossene Gasmenge. Die Dichtigkeit dieser Gasmenge ist jedenfalls M'/V'. Nach der Gleichung (2) aber soll die Dichtigkeit gleich sein $3p/U^2$; daraus folgt:

$$\frac{M'}{V'} = \frac{3p}{U^2}, \text{ oder } pV' = \frac{1}{3}M'U^2.$$

Astigmatismus bei Hohlspiegeln.

Von

Joh. Kleiber in München.

Der Begriff des Astigmatismus findet im Unterrichte am besten seine Besprechung im Anschluß an die Erörterungen, die an den Photographenapparat geknüpft werden. Dort wird ohnehin dem Lehrer von denjenigen seiner Schüler, die bereits dem Photographensport huldigen, und diese bilden — wie jedem von uns bekannt ist, — keinen geringen Prozentsatz, die Frage vorgelegt, was denn ein Anastigmat sei. Mit Vergnügen wird der Lehrer das einmal rege gewordene Interesse durch Vorführung einger diesbezüglicher Versuche über den Astigmatismus von Brillengläsern und größeren Demonstrationslinsen im Sonnen- oder im künstlichen Licht zu vertiefen suchen. Der einfachste Versuch, den jeder Schüler zu Hause selbst ausführen kann, ist bekanntermaßen der folgende: Man lasse auf ein gewöhnliches Brillenglas (für Weitsichtige) oder auf ein einfaches Lupenglas (Botanisierlupe) die Sonnenstrahlen (oder abends das Lampenlicht) schief auftreffen und suche mit einem Blatt Papier das entworfene Sonnenbildchen (oder das Bild der sonst benutzten Lichtquelle) aufzufangen. Es gelingt nicht. Man erhält dafür in verschiedenem Abstand von der Linse zwei helle Linien, die zu einander senkrecht stehen, die sogenannten Brennlinien des durch die Brechung an der Linse astigmatisierten Strahlenbündels.

Interessanter gestaltet sich die Demonstration des astigmatisierten Strahlenbündels selbst. Zu dem Ende läßt man das astigmatisierte Strahlenbündel im verdunkelten Zimmer durch eine mit Tabakrauch erfüllte Glaswanne gehen. Als vorzüglich dazu geeignetes Gefäß benutze ich wegen seiner großen Dimensionen gerne ein großes Akkumulatorenglas (60 cm lang, 30 cm breit, 50 cm hoch), das von oben her durch ein Brett abgeschlossen wird. Noch deutlicher bildet sich das astigmatisierte Strahlenbündel ab, wenn man es in bekannter Weise durch mit Fluoreszin gefärbtes Wasser gehen läßt. Die mit in Kauf genommene neue Brechung des Lichtbündels verkürzt noch dazu die Entfernung der Brennlinien. Durch Verschieben einer Milchglasplatte in der mit der fluoreszierenden Flüssigkeit gefüllten Wanne demonstriert man gut den Wandel im Querschnitt des astigmatisierten Strahlenbündels.

Der rechnerische Verfolg ist aber für den Fall der Astigmatisierung des Parallelbündels an einer Linse eine recht schwierige Sache. Für den Fall der Astigmatisierung an einem Prisma hat zwar Herr Prof. Burmester an der Techn. Hochschule in München die wichtigsten Formeln in elementarer Weise entwickelt. Selbst dieser einfachste Fall kann aber auch reiferen Schülern nicht zugemutet werden, da die Verifikation der Resultate bei Dr. Burmester keine einfache Sache ist, sondern ein tieferes Verständnis des Hilfsapparates voraussetzt. (Herr Dr. Burmester beobachtet die erzielten Brennlinien durch ein Fernrohr und deren Ortsdifferenz durch Mikrometerverstellung am Okular des letzteren.)

Dagegen bietet die rechnerische Behandlung der Astigmatisierung eines Parallelstrahlenbündels an einem gewöhnlichen in jeder Schulsammlung vorhandenen Hohlspiegel zugleich ein dankbares Feld für die Kontrollierung der erhaltenen Resultate durch den parallel laufenden Versuch. Im folgenden sei es daher gestattet, die Behandlung der Frage kurz zu skizzieren.

Wie Fig. 1 andeutet, wollen wir voraussetzen, daß die „mittlere" optische Achse des Hohlspiegels parallel zum Boden verlaufe und das Parallelbündel von Lichtstrahlen schief so gegen den Spiegel einfalle, daß die Projektion der Lichtstrahlen auf die Bodenfläche die nämliche Richtung habe, wie die Projektion der „mittleren" optischen Achse auf den Boden. Dann zeichnen wir auf dem Spiegel, wie in Fig. 1 angedeutet, zwei Hauptkreisbogen aus, AB und CD, wovon AB parallel zum Boden, CD senkrecht dazu verläuft. Die Aufgabe, den Ort der Brennlinien des durch die Reflexion am Spiegel astigmatisierten Lichtbündels zu finden, kommt dann darauf hinaus, einmal den Brennpunkt X für die längs CD auftreffenden Strahlen des Bündels zu suchen und dann den Brennpunkt Y für die längs der Nachbarschaft von AB auftreffenden Strahlen.

Die Brennstelle X gibt der „Aufriß" (obere Teil) in Fig. 2. Man verbindet in gewöhnlicher Weise C und D mit dem Spiegelmittelpunkt M und verdoppelt die Winkel u bezw. v. Also macht man $u = u'$; $v = v'$. Betrachtet man $\triangle DMR$, so findet man, da u Außenwinkel, v Innenwinkel ist, sofort $u - v = \varepsilon$. Betrachtet man ferner das $\triangle DXS$, so folgt, da $2u$ Außen-, $2v$ Innenwinkel ist, daß der Winkel σ bei X gleich 2ε ist.

Bezeichnet F den normalen Brennpunkt des Hohlspiegels, der bekanntermaßen den Radius halbiert, so ist auch der Zentriwinkel $CFD = 2\varepsilon$. Daher liegt die erste Brennstelle X auf dem Halbkreis (=Kugel) über der Brennweite.

Um die Brennstelle Y zu ermitteln, betrachten wir, wie oben angedeutet, die nahe dem Kreisbogen AB auftreffenden Strahlen; aber in ihrer Projektion auf den Boden. Dies zeigt der „Grundriß" (untere Teil) in der Fig. 2. Die räumliche Winkelgleichheit $\measuredangle r = \measuredangle r'$ drückt sich als Winkelgleichheit auch in der Projektion aus. Daraus folgt, daß in der Projektion auf den Boden Y mit F zusammenfällt. Den wahren Ort von Y zeigt der „Aufriß" in Fig. 3. Daraus folgt der weitere Satz:

Die zweite Brennstelle, Y, bewegt sich in der zur „mittleren" optischen Achse senkrechten Ebene, welche durch den Brennpunkt F verläuft.

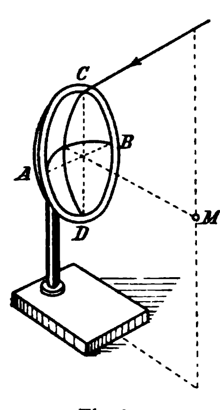


Fig. 1.

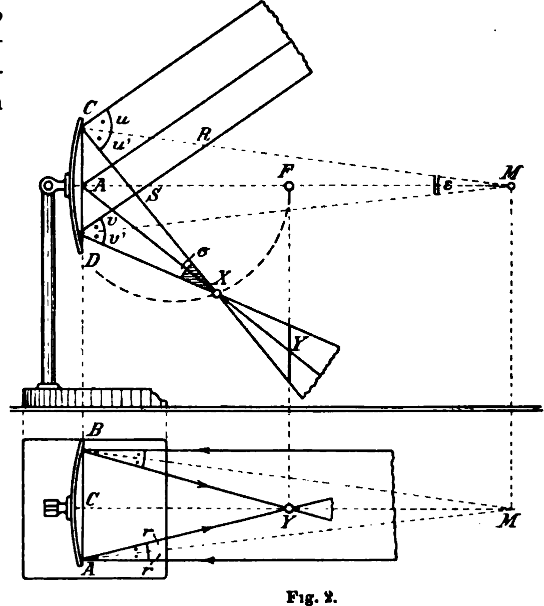


Fig. 2.

Diese einfachen, auch von Schülern leicht zu beherrschenden Resultate lassen sich im verdunkelten Zimmer, besonders in angerauchten Räumen sehr schön verifizieren. Vor den Augen der Schüler sucht man den Brennpunkt F, indem man aus dem Projektionsapparat ein Parallelstrahlenbündel auf den Spiegel sendet und von einem der Schüler den weithin erkennbaren Konzentrationspunkt F des reflektierten Bündels bestimmen läßt. Dann klebt man mit etwas Wachs einen bereit gehaltenen halbkreisförmig gebogenen dicken Neusilberdraht so an den Spiegel, daß er den in Fig. 2 oben angegebenen geometrischen Ort für X versinnlicht. Läßt man daraufhin die Strahlenbündel aus dem Projektionsapparat schief gegen den Spiegel treffen, so sieht man aufs deutlichste, wie sich die Brennstelle X längs des Drahtes verschiebt. Von der 2. Brennstelle Y konstatiert man leicht, daß sie stets senkrecht unter F in Bezug auf die Spiegelachse liegt.

Das körperlich im Raum vor dem Schüler liegende Gebilde des astigmatisierten Strahlenbündels (Fig. 3) erregt besonders wegen der wechselnden Querschnittsform die Phantasie der Schüler, da sie solche Körper nicht als Pyramide, Kegel, Tetraeder in ihre Nomenklatur zu subsummieren vermögen. Man hat hier dann Gelegenheit, die Gestalt des Konoids zu besprechen. Sehr angenehm ist es für den Lehrer, ein größeres Fadenmodell eines solchen Konoids zeigen zu können. Solche Modelle sind auch von Schülern ohne viel Mühe in folgender Weise zu fertigen.

Ein Konoid entsteht bekanntermaßen (Fig. 4), wenn eine Strecke XY konstanter Länge L mit ihren Endpunkten auf zwei zu einander senkrechten windschiefen Stäben MN und PQ gleitet. Betrachtet man das $\triangle XYx$ in Fig. 3, so sieht man, daß es seine Gestalt bei allen Lagen von XY stets beibehält, daß also Yx eine Strecke konstanter Länge l ist, die mit ihren Enden auf den Schenkeln des rechten Winkels PGn gleitet. Man lasse also auf diesen Schenkeln in möglichst symmetrischer Weise Punktepaare Y und x markieren, sodaß $Yx = l =$ den halben Längen der Stäbchen MN und PQ ist. (Dies geschieht mit ein paar Zirkelschlägen.) Die Punktgruppe der x übertrage man als Gruppe X auf das Stäbchen MN. Nachdem die 2 Stäbchen MN und PQ durch ein drittes GH fest so verbunden, daß $MN \perp PQ$, spannt man Fäden zwischen korrespondierende Punktpaare XY und erhält so das Fadenmodell des Konoids. Der Mittelschnitt des Konoids ist ein Kreis, da, wie leicht zu ersehen, die Mitten der Strecken Yx diese Bedingung erfüllen. Erfahrungsgemäß fertigen die Schüler solche Modelle nicht ungern, manche mit großem mechanischen Geschick zuweilen auch aus bestem Material, hier z. B. das Gerüste des Modells aus Metallstäben mit eingebohrten Löchern zur Einführung der Fäden.

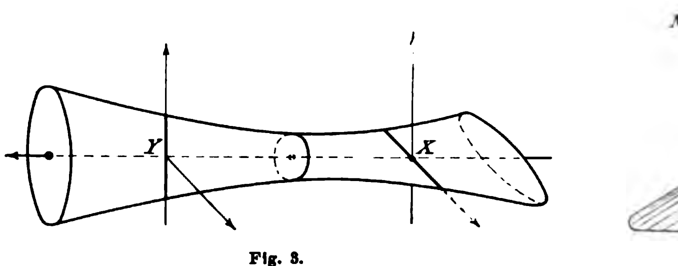


Fig. 3.

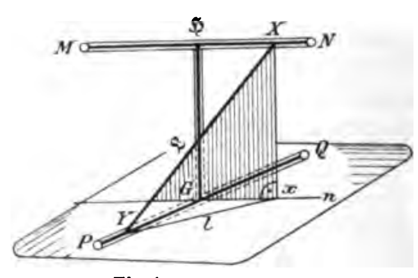


Fig. 4.

Das primitivste Modell eines astigmatischen Strahlenbündels erhält man bekanntlich, indem man aus einem Blatt Papier eine etwa 2 cm dicke Röhre rollt und diese an zwei Stellen X und Y zusammenpreßt, und zwar so, daß die Richtungen der Knickstellen von X und Y auf einander senkrecht stehen. Doch hat man sich zu denken, daß die außerhalb der Strecke XY liegenden Teile der Röhre sich nach außen hin kegelförmig erweitern.

Das Interesse der Schüler ist erfahrungsgemäß vollauf befriedigt, wenn sie die Umrißformen des astigmatisierten Parallelbündels beherrschen. Den eigentlichen Verlauf der Strahlen im astigmatischen Bündel zu konstatieren, führt auf kompliziertere Untersuchungen. Einen Einblick in diese hoch verwickelten Verhältnisse bot auf der mathem. Ausstellung 1892 in München das prächtige fast mannshohe Finsterwaldersche Modell eines Strahlensystems, das durch die Brechung eines exzentrisch gelegenen Strahlenbündels an einem zentrierten Linsensystem erzeugt wird. Ausgeführt war dies Modell von Herrn Dr. Diem (z. Z. Lohr a. M.) und zwar in der Art, daß die einfallenden Strahlen durch gelbrote Fäden dargestellt waren, die um so gelber gewählt wurden, je näher sie der Blendenmitte kamen, dagegen im Ton rötlicher, je näher sie dem Rande zu einfielen. Strahlen konzentrisch zur Blendenmitte gaben windschiefe Flächen 4. Ordnung; das Strahlsystem selbst war von der 5. Ordnung. (Vergl. den Dyckschen Katalog math. und math.-phys. Modelle, München 1892, S. 281.)

Die Bestimmung des elektrischen Wärmeäquivalents mit Hülfe der Glühlampe.

Von

Prof. **E. Grimsehl** in Hamburg.

Die Glühlampe ist zu mannigfachen Versuchen als Demonstrationsapparat geeignet. Die folgende Mitteilung soll das schon bekannte Anwendungsgebiet um ein neues fruchtbares Feld erweitern.

Wenn man eine Glühlampe unter Wasser brennen läßt, so wird dadurch das Wasser warm; es gelingt sogar, mit der brennenden Glühlampe das Wasser zum Sieden zu bringen. Diese bekannte Erscheinung ist geeignet, die zahlenmäßige Beziehung zwischen elektrischer und kalorischer Energie zu bestimmen, wenn man die Glühlampe, ganz von Wasser umgeben, innerhalb desselben brennen läßt. Einige Schwierigkeit scheint die isolierte Zuführung der Drähte zur Lampe zu bilden, da gewöhnliche einfache Kittungen durch Siegellack oder ähnliche Materialien wenig zuverlässig sind und besonders bei Glühlampen, die bei höherer Spannung, also z. B. bei der gebräuchlichen Netzspannung von 110 Volt brennen, leicht zu Kurzschlüssen Veranlassung geben.

Nach mehreren Mißerfolgen gelang es mir, an eine Glühlampe ein längeres Glasrohr so anzuschmelzen, daß die Platindrähte, welche die Stromführung zum Kohlefaden bilden, ganz innerhalb der Glasröhre verliefen, auch konnte ich an diese Platindrähte Kupferdrähte anlöten, die ebenfalls das Innere der Glasröhre durchzogen und so eine vollkommene dichte und isolierte Stromzuführung zur Glühlampe bewerkstelligten. Die günstigen Messungsresultate mit der so hergerichteten Lampe veranlaßten mich dann, die Herstellung derartiger Lampen durch einen hiesigen geschickten Glasbläser besorgen zu lassen, sodaß dieselben nunmehr auch im Handel zu haben sind. Die Firma A. Krüss, Hamburg, Adolfsbrücke hat den Vertrieb dieser Lampen übernommen.


Fig. 1.

Die durch das Produkt Stromstärke $\times$ Spannung $\times$ Zeit ausgedrückte elektrische Stromenergie setzt sich bei passender Versuchsanordnung vollständig in ein äquivalentes Wärmequantum um.

Fig. 1 zeigt die ganze Versuchsanordnung.

Die eingeschaltete Lampe brennt mit 110 Volt Spannung (die Lampen werden für jede gewünschte Spannung hergestellt). Man erkennt in der Figur die Glühlampe mit daran angeschmolzenem Glasrohr, innerhalb dessen die Zuleitungsdrähte verlaufen. Letztere sind am oberen Ende an einem Mignon-Edison-Gewinde, das auf den Glasstiel gekittet ist, angelötet. Mittels einer biegsamen Doppelleitungsschnur, die einerseits in einen Ansteckstöpsel für gewöhnliche elektrische Ansteckdosen, andererseits in eine Mignon-Edison-Fassung endet, läßt sich die Verbindung der Lampe mit einer elektrischen Ansteckdose bequem herstellen. Der Glasstiel der Lampe ist in eine Klemme eines Bunsen-Stativs so festgeklemmt, daß die eigentliche Birne ganz in das in einem Becherglase befindliche Wasser untertaucht. In dem Becherglase steht noch ein ringförmiger Rührer aus Messingdraht und ein in 0,1° geteiltes Thermometer. Um eine Ableitung der Wärme aus dem Becherglase zu vermeiden, ist dasselbe auf eine dicke Lage Filz oder Watte gestellt.

Für Meßzwecke ist dann noch in die Leitung ein Ampèremeter und ein Voltmeter sowie ein Ausschalter eingeschaltet.

Bei meinen ersten Versuchen, den Koeffizienten K in der Gleichung $K.J.E.t = Q$ (wo J die in Ampère gemessene Stromstärke, E die Spannung in Volt, t die Zeit in Sekunden, Q die Wärmemenge bedeutet) zu bestimmen, ergab sich stets eine zu kleine Zahl. Das erhaltene Resultat war durchweg um 10 Proz. zu klein, trotzdem ich alle sonst bei kalorimetrischen Messungen notwendigen Vorsichtsmaßregeln anwandte. Wesentlich anders gestaltete sich aber das Resultat, als ich das Wasser im Becherglase durch Zugießen einiger Tropfen

Nigrosinlösung dunkel färbte. Ich hatte bei den ersten Versuchen nur die Wärmestrahlen, nicht aber die hellen Lichtstrahlen im Wasser absorbieren lassen. Bei Benutzung des dunkel gefärbten Wassers erhielt ich bei jedem Versuche fast genau das zu erwartende Resultat, daß 1 Wattsekunde die Wärmemenge 0,24 Kalorien entwickelte.

Gerade durch diesen Umstand aber, daß es möglich war, sowohl die Wärmestrahlenenergie allein, sowie auch die Gesamtenergie zu messen, scheint es berechtigt zu sein, den Versuch weiterer Beachtung zu empfehlen. Der Versuch gestattet unmittelbar, das Güteverhältnis einer Glühlampe zu bestimmen. Es ist auch interessant zu beobachten, daß sich dieses Güteverhältnis ändert je nach der Beanspruchung der Lampe. Läßt man die Lampe mit der normalen Spannung brennen, so erreicht man durchweg, daß ca. 10 Proz. der Gesamtenergie in Lichtenergie verwandelt sind. Bei stärkerer Beanspruchung durch höhere Spannung erreicht man eine Lichtausbeute bis 15 Proz., während bei geringerer Spannung die Lichtausbeute bis auf ganz wenige Prozent, ja bis auf Null heruntergeht.

Es sei gestattet, einige Versuchsergebnisse mitzuteilen, die mit einer Lampe von 55 Volt und einer anderen von 110 Volt erhalten wurden.

1. An der Glühlampe wurde gemessen:

Stromstärke	$J = 0{,}8$ Ampère
Spannung	$V = 55$ Volt
	$J \,.\, V = 44$ Watt.

Die Lampe brannte im Wasser 6 Minuten = 360 Sekunden lang, also betrug die gesamte Stromenergie

$$J \,.\, V \,.\, t = 44 \,.\, 360 = 15840 \text{ Wattsekunden.}$$

Als die Lampe in farblosem Wasser brannte (Wasserwert des Becherglases einschließlich Rührer und Thermometer 45 g, Wassermenge 1500 g, also Wärmekapazität $m = 1545$ g), ergab sich nach 6 Minuten eine Temperaturerhöhung von 14,2° C. auf 16,3° C., also um $\Delta\vartheta = 2{,}1°$ C. Die absorbierte Wärmemenge betrug demnach $Q = m \,.\, \Delta\vartheta = 1545 \,.\, 2{,}1 = 3245$ Kalorien.

Hieraus folgt als Wert für den zu bestimmenden Koeffizienten

$$K = \frac{Q}{J \,.\, V \,.\, t} = \frac{3245}{15840} = \mathbf{0{,}205} \text{ Kalorien.}$$

Als dieselbe Lampe in fast undurchsichtig gefärbtem Wasser (dieselbe Wassermenge und dasselbe Gefäß) brannte, wurde das Wasser in derselben Zeit erwärmt von 14,1° C. auf 16,5° C., also um $\Delta\vartheta_1 = 2{,}4°$ C. Die absorbierte Wärmemenge betrug jetzt $m\,\Delta\vartheta_1 = 1545 \,.\, 2{,}4 = 3708$ Kalorien. Hieraus folgt für $K_1 = \frac{Q_1}{J \,.\, V \,.\, t} = \frac{3708}{15840} = 0{,}234$ Kalorien.

2.

Stromstärke	$J = 0{,}8\ A$
Spannung	$V = 110$ V
	$J \,.\, V = 88$ Watt.

Zeitdauer des Versuchs $t = 23$ Min. = 1380 Sek. Gesamte Stromenergie $J \,.\, V \,.\, t = 121440$ Wattsekunden. Wasserwert des Gefäßes einschließlich Rührer und Thermometer 45 g, Wassermenge 2000 g, also Wärmekapazität $m = 2045$ g. Temperaturerhöhung von 13,2° auf 26,2°, also $\Delta\vartheta = 13°$ C. Wärmemenge $Q = m.\,\Delta\vartheta = 2045 \,.\, 13 = 26585$ Kalorien. Hieraus folgt

$$K = \frac{Q}{J \,.\, V \,.\, t} = \frac{26585}{121440} = \mathbf{0{,}219} \text{ Kalorien.}$$

Derselbe Versuch bei gefärbtem Wasser ergab die Temperaturerhöhung von 13,4° auf 27,6°, also $\Delta\vartheta_1 = 14{,}2°$, Wärmemenge $Q_1 = m\,\Delta\vartheta_1 = 2045 \,.\, 14{,}2 = 29039$ Kalorien. Hieraus

$$K_1 = \frac{Q_1}{J \,.\, V \,.\, t} = \frac{29039}{121440} = \mathbf{0{,}239} \text{ Kalorien.}$$

Im ersten Beispiele betrug der aus der Absorption der Wärmestrahlen allein berechnete Faktor $K = 0,205$, der bei der Absorption der Licht- und Wärmestrahlen sich ergebende Faktor war $K_1 = 0,234$. Hieraus berechnet sich der Prozentsatz der Lichtenergie zur Gesamtenergie auf $100 \cdot \frac{K_1 - K}{K_1} = \frac{0,029}{0,234} \cdot 100 = 12,1$ Proz.

In derselben Weise ergibt sich aus dem zweiten Versuche der Prozentsatz der Lichtenergie zu

$$100 \cdot \frac{K_1 - K}{K_1} = 100 \cdot \frac{0,239 - 0,218}{0,239} = \frac{0,021}{0,239} \cdot 100 = 8,4 \text{ Proz.}$$

Ähnliche Versuchsresultate ergaben sich bei veränderten Versuchsbedingungen. Auf das Schwanken der Lichtausbeute bei größerer oder geringerer Beanspruchung durch höhere oder niedere Spannung ist schon oben hingewiesen.

Der Umstand, daß die entwickelte Lichtmenge im Vergleich zur entwickelten Wärmemenge durch diese Versuche in so einfacher und übersichtlicher Weise demonstriert werden konnte, veranlaßte mich dann, einen noch einfacheren Demonstrationsapparat zu konstruieren, welcher zwar nicht gestattet, die absolute Energiemenge zu messen, der aber innerhalb weniger Minuten den Unterschied zwischen Wärmeenergie und Gesamtenergie zur Anschauung bringt. Dieser Apparat ist in Figur 2 abgebildet.

Das Kalorimetergefäß hat eine gewisse Ähnlichkeit mit einer umgekehrten Dewarschen Röhre für flüssige Luft. Es ist ein doppelwandiges zylindrisches Gefäß von 35 mm äußerer Weite und 100 mm Höhe. Der innere Hohlraum ist so bemessen, daß er von einer in demselben brennenden röhrenförmigen Glühlampe beinahe ausgefüllt ist. Das Gefäß ist mit einer in den Hals der Flasche eingeschliffenen engen Glasröhre von ca. 1 mm innerer Weite und von 250 mm Länge verschlossen. Die bei meinen Versuchen verwandte Röhrenlampe hatte eine Spannung von 36 Volt, doch werden solche Lampen für jede beliebige Spannung geliefert. An die Lampe ist ein Mignon-Edisongewinde gekittet, das in eine entsprechende Fassung, die man leicht in ein Bunsenstativ klemmen kann, eingeschraubt werden kann.

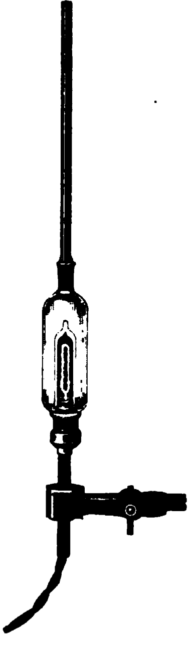


Fig. 2.

Das Kalorimetergefäß wird mit Wasser so weit gefüllt, daß das Wasser eben in das enge Glasrohr eintritt. Läßt man dann die Glühlampe im Inneren der Flasche brennen, so wird das Wasser erwärmt, dehnt sich aus und steigt im Glasrohr in die Höhe. Das Kalorimeter ist also gleichzeitig Thermoskop. Die Dimensionen sind so bemessen, daß beim Brennen der Lampe das Wasser in jeder Sekunde ungefähr um ein Millimeter steigt. Streift man über das Glasrohr an zwei etwa 70 mm von einander entfernten Stellen kleine Gummiringe (schmale Abschnitte eines dünnen Gummischlauches) über das Glasrohr, so beobachtet man bei brennender Lampe den Zeitpunkt, wann die Wasserkuppe erst den ersten, dann den zweiten Gummiring passiert. Die Marken sind in der Figur angegeben. Man notiert die Zeit, die zwischen dem Durchtreten der Wasserkuppe bei beiden Marken vergeht, und zwar macht man einmal den Versuch mit klarem Wasser, das andere Mal mit gefärbtem Wasser. Im letzten Falle ist der Zeitunterschied kleiner als im ersten. Es möge eine Zahlenangabe genügen: Bei klarem Wasser vergingen zwischen den Augenblicken des Durchtretens der Wasseroberfläche durch die beiden Marken 75 Sekunden, bei gefärbtem Wasser erfolgte der Durchtritt schon innerhalb 64 Sekunden. Die beiden Zahlen weichen um so mehr von einander ab, je heller die Lampe brennt. Auffallenderweise ergibt sich aber der Zeitunterschied bei diesem Versuche immer größer, als er zu erwarten ist. Der Grund liegt offenbar darin, daß bei ungefärbtem Wasser außer den hellen Lichtstrahlen auch noch einige Wärmestrahlen durch die dünne Wasserschicht hindurchgehen, ohne absorbiert zu werden. Ich denke, daß mit Vermehrung der Wassermenge, also mit Vergrößerung des Kalorimeterge-

fäßes der beobachtete Prozentsatz sich dem wahren Prozentsatze mehr nähern wird. Da aber der Versuch in erster Linie für rasche Demonstration ausgearbeitet ist, so habe ich absichtlich nur eine geringe Wassermenge verwandt.

Es mag noch erwähnt werden, daß zu diesen Versuchen nur ausgekochtes Wasser verwandt werden darf, weil sonst durch die Erwärmung sich Blasen von ausgeschiedener Luft bilden, die den Erfolg des Versuches illusorisch machen.

Der jetzige Stand der elektrolytischen Dissoziationstheorie.

Von

Dr. **W. A. Roth** in Berlin.

Das Jahr 1887 ist als das Geburtsjahr der elektrolytischen Dissoziationstheorie anzusehen. Sie ist nicht plötzlich, mit dem ganzen theoretischen und experimentellen Rüstzeug angetan, dem Haupte eines Mannes entsprungen, sondern hat sich langsam aus kleinen Keimen entwickelt. Die anormalen osmotischen Drucke und Gefrierpunktserniedrigungen in Salzlösungen, deren theoretische Werte van 't Hoff zu berechnen gelehrt hatte, die am eklatantesten von Helmholtz sichergestellte Tatsache, daß keine Kraft nötig ist, um die gelösten Molekeln in die abzuscheidenden Ionen zu zerreißen, das von Kohlrausch gefundene Gesetz von der unabhängigen Wanderung der Ionen und andere Tatsachen mehr hatten schon vor 1887 Clausius, Hittorf und andere Forscher zu Anschauungen geführt, wie sie ähnlich in der elektrolytischen Dissoziationstheorie niedergelegt sind. Das Verdienst von Arrhenius war es, jene anscheinend ganz heterogenen Reihen von Tatsachen thermischer und elektrolytischer Natur zu kombinieren und die Dissoziationstheorie in ihrer ganzen Kühnheit präzis auszusprechen. Nach Arrhenius ist jede Substanz, welche in Lösung die Elektrizität zu leiten vermag, zu einem ganz bestimmten Bruchteil in Ionen zerspalten, dessen Größe in erster Linie von der Natur des Lösungsmittels und der Konzentration der Lösung abhängt. Nur die Ionen sind die Träger der Elektrizität und zugleich in erster Linie die Träger der chemischen und physikalischen Eigenschaften der betreffenden Substanz. Für die osmotischen Erscheinungen, bei denen es auf die Gesamtkonzentration des Gelösten ankommt, wirkt jedes freie Ion wie ein selbständiges Molekül. Arrhenius selbst zog aus seiner Theorie eine Reihe von Konsequenzen; er erklärte verschiedene physikalische Eigenschaften der Lösungen aus der Additivität der Eigenschaften der Ionen. Daß damals die von Arrhenius vorgeschlagene radikale und scheinbar paradoxe Zusammenfassung der heterogensten Erscheinungen, welche sich bis dahin keiner Theorie unterordnen wollten, in der Luft lag, erhellt aus der Lebhaftigkeit, mit der die Theorie von Physikern und Chemikern wie van 't Hoff, Planck, Ostwald, Nernst u. a. aufgenommen und weiter geführt wurde. Schlag auf Schlag, oft gleichzeitig von seiten mehrerer Forscher erfolgte der weitere Ausbau der Theorie. Das Massenwirkungsgesetz wurde auf das Gleichgewicht zwischen Ionen und nichtdissoziierten Molekeln angewendet. Nernst konnte eine ganz allgemeine Erklärung und Berechnung der bei der Berührung von Leitern erster und zweiter Klasse auftretenden Potentialdifferenzen geben. Die Löslichkeitsbeeinflussungen der Salze und Säuren und viele aus der anorganischen Chemie her längst bekannte und bei der Analyse benutzte Erscheinungen ließen sich jetzt ohne Schwierigkeiten und ohne Hülfshypothesen erklären. Begreiflicherweise begegneten die revolutionären Anschauungen von Arrhenius und seinen Anhängern auf Seiten der Physiker und Chemiker anfänglich dem heftigsten Widerspruch. Aber die direkten Einwände gegen die Theorie und die anderen Annahmen, die man vorschlug, um die beobachteten Anomalien zu erklären, erwiesen sich als nicht stichhaltig. So neigte sich der leidenschaftlich geführte Kampf, bei dem es auf beiden Seiten nicht an Mißverständnissen und Übertreibungen fehlte, zu Gunsten der Dissoziationstheorie. Dieselbe wirkte auch auf andere Wissenschaften, wie die Physiologie und Medizin, befruchtend ein. Eine Schar von Physikern und Chemikern machte sich daran,

die Theorie für immer neue Probleme nutzbar zu machen und sie durch genauere Versuche, als die alten von Arrhenius, Ostwald und Nernst waren, zu stützen. Aber hierbei wurde es allmählich klar, daß man sich in der ersten Zeit zu häufig mit einer approximativen, mehr qualitativen Gültigkeit der Dissoziationsgesetze begnügt hatte, daß sich bei genauer experimenteller und theoretischer Prüfung viele Lücken, viele Abweichungen zeigten, die man früher nicht bemerkt oder beachtet oder Versuchsfehlern zugeschrieben hatte. Und nachdem die Theorie längst ihre Brauchbarkeit auf den verschiedensten Gebieten erwiesen hat, ist jetzt ein neuer Kampf im eigenen Lager entbrannt, ein Kampf um die Ursachen, welche das Versagen der Theorie für ionenreiche Lösungen bedingen, und um die Änderungen, die man anzubringen hat, um sie für alle Fälle gültig und nutzbar zu machen.

Betrachten wir kurz die wichtigsten Differenzen zwischen den Forderungen der Theorie und den Beobachtungen.

Nach Arrhenius kann man den Dissoziationsgrad eines jeden Elektrolyten aus dem elektrischen Leitvermögen entnehmen, indem man das molekulare Leitvermögen durch den in der unendlichen Verdünnung, also bei vollständiger Dissoziation, erreichten Grenzwert dividiert: $\frac{\Lambda}{\Lambda_\infty} = \alpha$. Diese Berechnung ist nur begründet, wenn die Beweglichkeiten beider Ionen in dem ganzen in Betracht kommenden Konzentrationsintervall vollständig konstant bleiben, eine Annahme, die nicht bewiesen ist, ja kaum bewiesen werden kann. Aus der Konstanz der Hittorfschen Überführungszahlen in verdünnten Lösungen, die wohl zum Beweise herangezogen worden ist, folgt nur, daß die Beweglichkeiten beider Ionen bei weiterer Verdünnung in gleicher Weise geändert werden. Für konzentrierte Lösungen von Alkalisalzen haben Arrhenius und Abegg eine Korrektion für die Werte des Leitvermögens wegen der erhöhten Viskosität der Lösungen berechnet. Diese Korrektion erhöht das Leitvermögen in einfach normalen Lösungen im Durchschnitt um 5 %, wird aber schon in $^1/_5$ normalen Lösungen sehr klein, sodaß nach der Meinung beider Forscher für Lösungen, deren Gehalt kleiner als $^1/_{10}$ normal ist, $\frac{\Lambda}{\Lambda_\infty}$ ohne Bedenken $= \alpha$ gesetzt werden kann. Acceptiert man diese Annahme, so müsste, wie van 't Hoff, Ostwald und Planck gleichzeitig i. J. 1888 gezeigt haben, $\frac{\Lambda^2}{\Lambda_\infty(\Lambda_\infty - \Lambda)v} = \text{konst.} = K$ sein. Dieses sogen. Ostwaldsche Verdünnungsgesetz ist namentlich von Ostwald für eine Unzahl von organischen Säuren, von Bredig u. a. für eine große Reihe von Basen geprüft worden und hat sich für alle schwach dissoziierten binären und ternären Elektrolyten ausgezeichnet bestätigt. Die Werte von Λ_∞, die sich direkt nicht messen lassen, hat Ostwald aus den Werten für $^1/_{1000}$ und $^1/_{5000}$ normale Lösungen geschätzt.

Für die stark dissoziierten Salze und Säuren aber versagt die Ostwaldsche Gleichung vollständig. Rechnet man mit den genauesten Werten, denjenigen von Kohlrausch, so wird der Ostwaldsche Ausdruck nie konstant, selbst nicht in den verdünntesten Lösungen, sondern nähert sich asymptotisch der Null. Die ionenreichen Lösungen haben also ein zu großes Leitvermögen und nach Arrhenius einen zu großen Dissoziationsgrad.

Jahn hat versucht, durch die Kombination von Leitvermögen und Überführungszahlen sowie der elektromotorischen Kräfte von Konzentrationselementen die Änderung der Ionenbeweglichkeiten, die nach seiner Meinung die Ungültigkeit des Ostwaldschen Verdünnungsgesetzes verursacht, direkt festzustellen. Aus den ersten beiden Daten erhält man das Produkt aus Ionenbeweglichkeit und Ionenkonzentration, die elektromotorischen Kräfte geben nach der bekannten Nernstschen Formel das Verhältnis der Ionenkonzentrationen in den beiden Lösungen, aus denen man das Konzentrationselement aufgebaut hat. In der Tat ergaben sich für die konzentrierteren Lösungen zu große Ionenbeweglichkeiten und setzte man die aus den Potentialdifferenzen abgeleiteten Ionenkonzentrationen in die Ostwaldsche Gleichung ein, so erhielt man gute Dissoziationskonstanten. Leider hat sich die Schlußfolge als trügerisch erwiesen. Aus lebhaften Diskussionen zwischen Jahn, Arrhenius, Nernst u. a. ergab sich, daß die Nernstsche Formel das Massenwirkungsgesetz schon implicite enthält,

sodaß ein circulus vitiosus bei Benutzung von sehr genauen Versuchsdaten tatsächlich zu Dissoziationskonstanten führen mußte.

Außer jener theoretischen Formel für das Gleichgewicht zwischen den Ionen und dem nichtdissoziierten Anteil, die sich bei der Benutzung von $\frac{\Lambda}{\Lambda_\infty}$ nicht bestätigte, sind eine Reihe von empirischen Formeln aufgestellt. Van 't Hoff erhob $\alpha \left(=\frac{\Lambda}{\Lambda_\infty}\right)$ nicht in das Quadrat, sondern führte $\frac{\alpha^3}{(1-\alpha)^2}$ in die Gleichung ein. Seine Formel stimmt mit den Beobachtungen ziemlich gut überein. Man kann die Übereinstimmung vollkommen machen, wenn man (nach Storch und anderen Forschern) die Exponenten von Sa z zu Sa z variiert. In den meisten Fällen liegt das Verhältnis der beiden Exponenten dem van 't Hoffschen Wert 1,5 sehr nahe. In der empirischen van 't Hoffschen Dissoziationsgleichung scheint also ein Naturgesetz versteckt zu liegen. Doch ist es bisher nicht einwandsfrei gelungen, es herauszuschälen und mit Bekanntem in Beziehung zu setzen.

Die angedeuteten Schwierigkeiten werden nicht kleiner, wenn man zu anderen Lösungsmitteln als Wasser übergeht, z. B. wenn man das Wasser successive durch Äthylalkohol ersetzt. Die Beweglichkeit der Ionen wird dadurch stark erniedrigt, die Überführungszahl ändert sich etwas und der Dissoziationsgrad geht zurück. Aber trotz der geringeren Ionenkonzentration gilt das Ostwaldsche Gesetz für starke Elektrolyte nicht, ja auch für schwache organische Säuren bekommen die Konstanten einen immer deutlicheren Gang. In anderen organischen und anorganischen Lösungsmitteln treten oft noch mehr Komplikationen ein. Die gelöste Substanz assoziiert häufig und addiert eine große Zahl von Molekeln des Lösungsmittels, sodaß die Beziehung zwischen Leitvermögen und dem nach den osmotischen Methoden gefundenen Molekulargewicht vollkommen verschleiert wird. Ein Grenzwert des molekularen Leitvermögens läßt sich häufig garnicht finden. In vielen Fällen ist die Beweglichkeit der Ionen weit größer als im Wasser; daß der Dissoziationsgrad größer ist, ist bisher nur in einem einzigen Fall konstatiert, nämlich für Lösungen in wasserfreier Blausäure, deren Dielektrizitätskonstante um mehr als 10 % größer ist als die des Wassers. Ich beschränke mich in folgendem auf die reinwässerigen Lösungen.

Wenn man daran festhält, daß $\frac{\Lambda}{\Lambda_\infty}$ unter allen Umständen den Dissoziationsgrad darstellt, muß man die Nichtgültigkeit des Massenwirkungsgesetzes durch sekundäre Erscheinungen erklären. Auf diesem Standpunkt stehen Arrhenius und seine Schüler. Die Hülfshypothesen, die sie heranziehen, sind verschieden. Die komplizierteste ist die, daß durch den Einfluß der Elektrolyte das Gleichgewicht zwischen den einfachen Wassermolekeln und den Röntgenschen Eismolekeln verschoben wird, daß man daher in konzentrierten und verdünnten Lösungen mit ganz verschiedenen Lösungsmitteln zu tun hat. Eine Veränderung des mittleren Molekulargewichts des Wassers, auf welche diese Hypothese herausläuft, würde sich jeder experimentellen Feststellung und somit jeder mathematischen Behandlung entziehen. Die Hypothese erledigt sich indessen dadurch, daß bei höheren Temperaturen, wo der Assoziationsgrad des Wassers weit kleiner ist, die Abweichungen, welche die Elektrolyte gegen die Theorie zeigen, unverändert fortbestehen. Statt eine Änderung der Konstitution nahmen nun andere Forscher eine Änderung der physikalischen Eigenschaften des Lösungsmittels an. So erhöht der Ionenzusatz nach einer von vielen Forschern verfochtenen Anschauung die Dielektrizitätskonstante und nach der Nernst-Thomsonschen Regel damit zugleich seine dissoziierende Kraft. Da nun viele Substanzen mit hoher Dielektrizitätskonstante selbst relativ stark dissoziiert sind, so könnte der Zusatz des Salzes zugleich die Dissoziation des Wassers erhöhen. Setzt man die Dissoziationskonstante des Salzes der Anzahl der dissoziierten Wassermolekeln proportional und die des Wassers der Anzahl der dissoziierten Salzmolekeln, so gelangt man nach einigen Umformungen zu dem van 't Hoffschen Verdünnungsgesetz. Doch ist die Grundannahme, daß das Wasser seinen Dissoziationsgrad durch den Salzzusatz erhöht, recht unsicher.

Arrhenius fand, daß die invertierende Kraft, also die Ionenkonzentration schwacher Säuren bei Zusatz von Neutralsalzen proportional der Quadratwurzel des Salzzusatzes wächst. Setzt man diese Steigerung der Dissoziation der dissoziierenden Kraft des Wassers auf Rechnung und verallgemeinert sie auf Ionen derselben Zusammensetzung, so resultiert ebenfalls das van 't Hoffsche Gesetz. Arrhenius glaubt, daß die durch die Anwesenheit von Ionen bedingte progressive Steigerung des Dissoziationsgrades über das theoretische Maß hinaus auch bei schwachen Elektrolyten störend wirkt, daß das Ostwaldsche Verdünnungsgesetz also bei einer ganz scharfen experimentellen Prüfung auch für die schwächsten Elektrolyte nicht Stich hält; doch sind die Abweichungen von der Theorie naturgemäß um so größer, je größer der Dissoziationsgrad der Elektrolyte ist.

Zu dem unbedingten Festhalten an dem Satz $\frac{\Lambda}{\Lambda_\infty} = \alpha$ ist zu bemerken, daß es überraschend wäre, wenn die physikalische Änderung des Lösungsmitttels nur auf den Dissoziationsgrad des Salzes, aber garnicht auf die Beweglichkeit der Ionen von Einfluß wäre. Es ist Abegg in neuester Zeit gelungen, die Änderung der Ionenbeweglichkeiten mit der Konzentration nachzuweisen. Ferner ist es nicht sicher, daß die Beweglichkeit der Ionen für solche dynamischen Vorgänge, wie die Katalyse von Methylacetat und von Rohrzucker ganz gleichgültig ist.

Arrhenius glaubte eine Stütze für seine Anschauungen in der guten Übereinstimmung zu finden, die sich zwischen den aus Gefrierpunktserniedrigungen und den aus Leitvermögen berechneten Dissoziationsgraden ergibt. Diese Übereinstimmung ist in der Tat für eine Reihe von starken Elektrolyten vorzüglich, für andere, wie die Nitrate, ergeben sich kleine Differenzen. Es ist bisher erst für einen einzigen starken Elektrolyten gelungen, aus Gefrierpunktserniedrigungen eine Dissoziationskonstante zu berechnen, nämlich für das Cäsiumnitrat, das Biltz untersucht hat. (Das Leitvermögen ergiebt auch hier keine Konstante.) Für alle anderen kryoskopisch untersuchten Körper ergeben sich mit der Konzentration stark ansteigende oder abfallende Werte für die Dissoziationskonstante; ja für große Reihen von Salzen geht die molekulare Gefrierpunktserniedrigung durch ein Minimum, um mit steigender Konzentration wieder anzusteigen. Manche dieser Anomalien glaubte Biltz durch Hydratation des gelösten Salzes erklären zu können, die bei Nitraten und bei Cäsiumsalzen am geringsten sein sollte, eine Hypothese, die er durch Diskussion der Lösungswärmen und anderer physikalisch-chemischer Daten zu stützen suchte. Für das Vorhandensein von Ionenhydraten, komplexen Molekeln und komplexen Ionen (wie zum Beispiel $Na\,Cl_2$, dem Anion des Komplexes $Na_2\,Cl_2$) sprechen eine Reihe von Instanzen, doch muß die Frage offen bleiben, bis ein reichhaltigeres und genaueres Versuchsmaterial vorliegt.

Die Schwierigkeit, Gefrierpunktserniedrigungen in verdünnten Lösungen mit der nötigen Genauigkeit zu messen, hat häufig dazu geführt, mit ziemlich konzentrierten Lösungen zu arbeiten, auf die sich die einfachen Gasgesetze unter keinen Umständen mehr anwenden lassen. Aus diesem Beobachtungsmaterial sind dann oft weittragende Schlüsse gezogen worden, deren Beweiskraft indessen sehr gering ist. Durch die Arbeiten von Nernst, Abegg, Loomis, Raoult u. a. sind die physikalischen Fehler der Gefrierpunktsbestimmungen erheblich verringert worden; vom chemisch-analytischen Standpunkt aber sind auch manche der neueren Präzisionsarbeiten nicht ganz einwandsfrei. Doch sind die Unsicherheiten nicht so groß, daß sie die Resultate in den Hauptzügen beeinflussen könnten.

Nernst hat nun darauf hingewiesen, daß die Nichtgültigkeit des Massenwirkungsgesetzes in verdünnten Lösungen auch die Nichtgültigkeit des einfachen van 't Hoffschen Gefriergesetzes bedingt, da beide auf derselben Grundlage beruhen, der Anwendung der Gasgesetze auf gelöste Stoffe. Für Lösungen von Nichtelektrolyten haben sich die Gasgesetze, wenigstens für die Mehrzahl der Substanzen, bis zu Konzentrationen hinauf bewährt, in denen sie für ionenhaltige Lösungen bei weitem nicht mehr gelten. Es bleibt also, wenn man einen allgemeinen Erklärungsversuch aller Diskrepanzen wagen will, nur ein Weg offen, die einfachen Gasgesetze zu revidieren und die Störungen, welche die Ionen und in konzentrierten Lösungen auch die nichtdissoziierten Molekeln verursachen, von vornherein zu berücksichtigen.

Diesen Weg haben sowohl Jahn wie Nernst eingeschlagen. Ihr Gedankengang war derselbe; sie nehmen gegenseitige Beeinflussungen aller in der Lösung befindlichen Molekülarten an; der Weg, den sie zur Gewinnung von handlichen Formeln einschlagen, ist verschieden. Nernst geht von der Verteilung des Gelösten zwischen zwei Medien aus; die Medien können zwei verschiedene, nicht mischbare Lösungsmittel oder ein Lösungsmittel und der darüber befindliche Dampf des Lösungsmittels sein. Jahn nimmt an, daß infolge der Wechselwirkung das Gesamtvolumen und der gesamte Energieinhalt der Lösung nicht mehr additiv aus dem der Komponenten zusammengesetzt werden kann, sondern daß quadratische Glieder hinzutreten. Auf dieser Annahme fußend, hat er die von Planck angegebene thermodynamische Gleichgewichtsformel umgestaltet und eine Reihe von physikalisch-chemischen Gesetzen erweitert. Die Formeln, zu denen beide Forscher gelangen, sind in den Bezeichnungen verschieden, im Wesen aber gleich. Vor dem Arrheniusschen Versuch, die Widersprüche zwischen Theorie und Beobachtung zu erklären, und vor der Annahme von Ionenhydraten und Komplexen hat der von Jahn und Nernst benutzte Gedankengang den großen Vorteil, daß er allgemeiner ist, daß er theoretisch begründet ist, und daß das zu Grunde liegende Prinzip, die Abweichungen durch Wechselwirkungen zu erklären, auch an einfacheren Systemen, wie Lösungen von Nichtelektrolyten, geprüft werden kann. Gehorcht ein Nichtelektrolyt in mäßig verdünnten Lösungen dem einfachen Gefriergesetz nicht, oder beeinflußt er die Löslichkeit eines anderen schwer löslichen, was den einfachen Gasgesetzen ebenfalls widersprechen würde, und kann man die Anomalien durch Wechselwirkung zwischen den gelösten Molekeln zahlenmäßig darstellen, so ist die Brauchbarkeit des Grundgedankens erwiesen. Das ist nun tatsächlich der Fall. Sowohl bei den Gefrierpunktserniedrigungen von Nichtelektrolyten bis zu 0,5—1,0 normalen Lösungen sowie bei den Löslichkeitserniedrigungen von Gasen durch Nichtelektrolyte leisten die Jahnschen Formeln gute Dienste, wo eine chemische Erklärung der Anomalien durch Annahme von Hydraten oder Komplexen so gut wie ausgeschlossen ist. Für Lösungen von Elektrolyten werden die Formeln allerdings, wenn man keine Größen zweiter Ordnung vernachlässigt, ziemlich unhandlich. Bleibt die Molekularkonzentration des Wassers groß gegen die des Elektrolyten, so nimmt das Massenwirkungsgesetz für binäre Elektrolyte die Form an

$$\frac{n_1^2}{N-n_1} e^{-\frac{aN}{n} + n_1\left(\frac{2a}{n} - \frac{b}{n}\right)} = K.$$

Darin bedeutet N die Konzentration des nichtdissoziierten Elektrolyten, n_1 die der Ionen, n die des Wassers; b ist durch die Größe der Wechselwirkung zwischen den Ionen, a durch die zwischen den Ionen und dem nichtdissoziierten Anteil bestimmt, a und b sind von dem Druck und der Temperatur abhängig, von der Konzentration unabhängig, außerdem ändern sie sich von Substanz zu Substanz. In die einfache Ostwaldsche Form geht obige Gleichung nur über, wenn überhaupt keine Wechselwirkung eintritt. Ob jede Wechselwirkung von vornherein vernachlässigt werden kann, ist für verdünntere Lösungen zweifelhaft, für konzentriertere höchst unwahrscheinlich. Es sind Fälle bekannt, wo Ionen, deren Konzentration kleiner als $^1/_{30}$ normal ist, eine deutliche Löslichkeitserniedrigung hervorrufen, also mit dem nichtdissoziierten Anteil, allerdings eines fremden schwachen Elektrolyten, in Wechselwirkungen treten. Eine genaue Prüfung des Massenwirkungsgesetzes für verschiedene schwache Elektrolyten, bei verschiedenen Temperaturen, auch in konzentrierten Lösungen, ist jedenfalls dringend nötig.

Der allgemeine Ausdruck für die durch einen binären Elektrolyten hervorgerufene Gefrierpunktserniedrigung wird sehr kompliziert. Wenn man die Wechselwirkung des nichtdissoziierten Anteils, die für starke Elektrolyte jedenfalls unerheblich ist, und das Quadrat der Molekularkonzentration des Gelösten vernachlässigt, sich also auf ziemlich verdünnte Lösungen beschränkt, so erhält man:

$$T_0 - T = \frac{R\,T_0^2}{1000\,r}\left[N + n_1 - \frac{b}{2n} n_1^2 - \frac{(N-n_1)\,n_1}{n} a\right]$$

wo r die Schmelzwärme bedeutet. Für kleine Erniedrigungen kann man a und b konstant setzen. Mit Benutzung des erwähnten modifizierten Massenwirkungsgesetzes und der Helmholtzschen Formel für die elektro-motorische Kraft eines Konzentrationselementes ergibt sich, wenn w die Überführungszahl des Kations ist,

$$E = \frac{w R T}{\varepsilon}\left[2 \ln \frac{n_1}{n_1'} - \left(\frac{b}{n} - \frac{a}{n}\right)(n_1 - n_1') - \frac{a}{n}(N - N')\right].$$

Man hat also, wenn man die elektro-motorische Kraft eines Elementes und die Gefrierpunktserniedrigungen (streng genommen bei derselben Temperatur) gemessen hat, vier Unbekannte: n_1, n_1' (die Konzentrationen der Ionen) a und b (die Faktoren der Wechselwirkung). Die Wechselwirkung b der freien Ionen untereinander kann man in erster Annäherung vernachlässigen, da sich die Wirkungen der gleich und entgegengesetzt geladenen Ionen kompensieren. Enthält die Anschauung Jahns, seine Ableitungen und Vernachlässigungen keinen inneren Widerspruch, so muß man also aus genau gemessenen Gefrierpunktserniedrigungen und elektromotorischen Kräften von Konzentrationselementen mit Hilfe einer einzigen Konstante a zu denselben Ionenkonzentrationen und Dissoziationskonstanten gelangen. Das ist in der Tat der Fall. So ergeben die von Abegg gemessenen Gefrierpunktserniedrigungen von Kaliumchlorid die Konstante 0,137, die von Jahn gemessenen Potentialdifferenzen 0,136, für Natriumchlorid sind die entsprechenden Werte 0,225 und 0,210. Da das Leitvermögen durchweg höhere Ionenkonzentrationen ergibt, ist der Schluß naheliegend, daß die Ionenbeweglichkeiten nicht konstant sind und Arrhenius' Berechnungsweise nur für sehr verdünnte Lösungen berechtigt ist. Ob die Theorie aber in allen Fällen den Ergebnissen des Experiments gerecht wird, kann erst nach Beibringung weiteren Versuchsmaterials entschieden werden. Dann wird zugleich die Entscheidung über die berührten strittigen Punkte der Dissoziationstheorie fallen.

Für Lösungen von beliebiger Konzentration, in denen höchst wahrscheinlich Assoziation und Hydratation neben Dissoziation hergeht, lassen sich bisher keine Formeln aufstellen. Für ternäre und quaternäre Elektrolyte, für welche verschiedene Arten der Dissoziation nebeneinander möglich sind, und welche außerdem zu hydrolytischer Zersetzung neigen, würden die Formeln sehr unhandlich werden und mehr unbekannte als bestimmbare Größen enthalten.

Kleine Mitteilungen.

Elementare Darstellung der Berechnung des wahren Sonnendurchmessers.

Von Dr. **Bertold König** in Teschen.

Bei der Berechnung des wahren Sonnendurchmessers in der Schule geht man von der aus der Parallaxe bereits abgeleiteten Entfernung der Sonne von der Erde und ferner von dem Winkel aus, unter welchem der scheinbare Sonnendurchmesser dem irdischen Beobachter erscheint.

Im folgenden soll nun eine ebenso einfache als das lebendige Interesse des Schülers erweckende diesbezügliche Methode erläutert werden, die eine Berechnung des wirklichen Sonnendurchmessers ohne Zuhilfenahme von Parallaxe und Entfernung gestattet.

Der zunächst dem Schüler vorzuführende Apparat (Fig. 1) besteht aus: 1. einem 50 cm langen und 5 cm breiten Streifen aus Zeichenpapier, der eine Zentimeterskala in der gezeichneten Weise enthält, sodaß dieselbe rechts und links vom Nullpunkte in verschiedener Farbe, z. B. grün und rot, ausgeführt ist; 2. einem Holzstativ, an welchem mittels einiger Reißnägel der Streifen befestigt wird; 3. einem in der Mitte des Statives senkrecht zur Streifenebene angebrachten etwa 50 cm langen Maßstab. Letzterer hat an seinem Ende einen niedrigen Stützpunkt für das Kinn des beobachtenden Schülers. Längs dieses Maßstabes ist ein vertikaler Zeiger (Stricknadel) verschiebbar. (Zum Schutze vor Verletzung kann dieser oben ein kleines Kügelchen tragen.) Mit diesem Apparate werden folgende Versuche angestellt:

1. Der Zeiger wird an seinem Maßstabe in die Mitte geschoben. Der das Kinn aufstützende Schüler beobachtet nun bei gerader Haltung seines Kopfes die Deckung des Zeigers mit dem Teilstriche „0“. Wenn jetzt der Schüler bei geschlossenem linken Auge nur mit dem rechten Auge beobachtet, so weist der Zeiger etwa auf „rot 3“, während er bei alleiniger Benutzung des linken Auges auf „grün 3“ hinweist. Der Abstand „grün 3“ von „rot 3“ beträgt 6 cm, und ebensogroß ist demnach auch die Pupillardistanz des Beobachters; denn (Fig. 2)

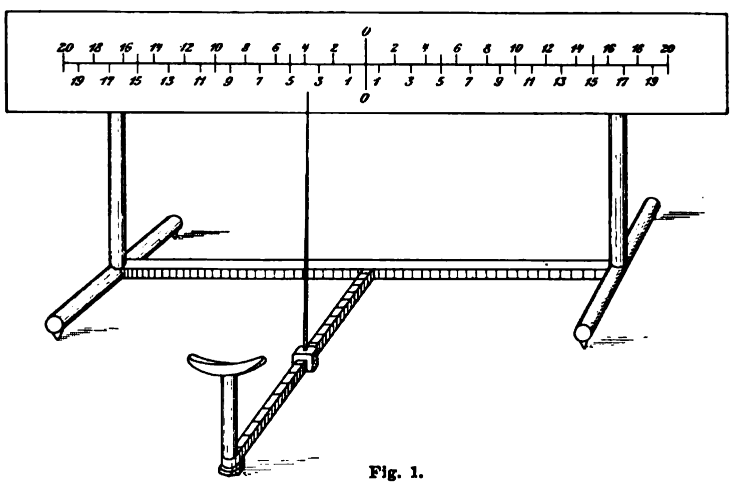


Fig. 1.

$\triangle LNR \cong GNR'$, da ihre Hälften (rechtwinkelige Dreiecke) kongruent sind.

2. Der Zeiger wird im ersten Viertel seines Maßstabes aufgestellt, sodaß er 3mal soweit vom Papierstreifen als vom Auge des Beobachters absteht. Bei der Beobachtung bloß mit dem rechten Auge weist der Zeiger auf „rot 9“, bloß mit dem linken Auge auf „grün 9“.

Die geometrische Darstellung dieses Versuchs (Fig. 3) ergibt aus der Ähnlichkeit der Dreiecke LNR und GNR' wegen $ND' = 3ND$ auch $GR' = 3LR$.

Diese beiden Versuche genügen als Vorversuche für die beabsichtigte Berechnung. Wir wollen zu diesem Zweck von der Betrachtung kleiner irdischer Verhältnisse zu himmlischen Erscheinungen übergehen und uns an Stelle der beiden beobachtenden Augen zwei scharf in den Weltraum hinausblickende Teleskope denken, die wir immer weiter auseinanderrücken lassen, bis sie an zwei diametral entgegengesetzten Punkten der Erde angelangt sind, von wo aus sie den beobachtenden Astronomen die Vorgänge auf der Sonne erkennen lassen.

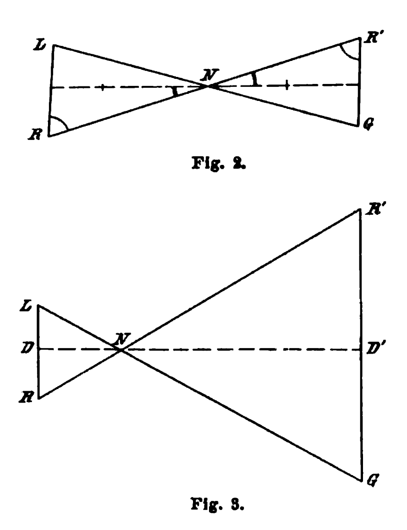


Fig. 2.

Fig. 3.

Die Venus, der uns am nächsten befindliche Planet, zeigt, durch ein Fernrohr beobachtet, alle verschiedenen Phasen des Mondes von der schmalsten Sichel bis zur vollbeleuchteten Scheibe. In ihrer unteren Konjunktion mit der Erde (letzte Beobachtung am 6. Dezember 1882) erscheint uns der Durchmesser der uns zugekehrten dunklen Venus siebenmal so groß als zur Zeit ihrer oberen Konjunktion, in welcher sie uns ihre vollbeleuchtete Hälfte zuwendet. Daraus folgt, daß die Venus bei ihrer oberen Konjunktion siebenmal soweit von uns entfernt sein muß als bei ihrer unteren, daß also der Durchmesser ihrer sehr kreisähnlichen Bahn sechsmal so groß ist als ihre Entfernung von der Erde zur Zeit ihrer unteren Konjunktion. In letzterwähnter Phase steht also Venus dreimal soweit von der Sonne als von der Erde ab.

Die zwei an diametral entgegengesetzten Erdpunkten beobachtenden Astronomen werden somit die finstere Venusscheibe nicht an einem und demselben Punkte der leuchtenden Sonnenscheibe, sondern an zwei verschiedenen Stellen sehen, welche, wie Fig. 3 beweist, um 3 Erddurchmesser von einander abstehen. Für den einen der Beobachter zog denn auch

wirklich die Venus in der Geraden AB, für den anderen in der Geraden CD quer über die Sonne (Fig. 4).

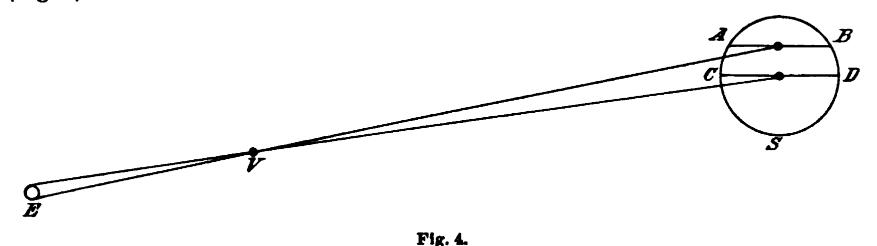


Fig. 4.

Nun fand man durch Messung, daß der Abstand der Bahnen AB und CD (in der Figur der Deutlichkeit halber größer gezeichnet) der $36^1/_4$. Teil des scheinbaren Sonnendurchmessers ist. AB ist aber von CD um 3 Erddurchmesser, d. i. um 3×1716 geogr. Meilen entfernt. Infolgedessen ist der wirkliche Sonnendurchmesser

$$2R_s = 3 \times 1716 \times 36^1/_4 \text{ geogr. Meilen} = \text{(rund) } 187\,000 \text{ geogr. Meilen.}$$

Ein einfaches Verfahren zur Demonstration der Umkehrung der Natriumlinie.

Von Prof. Dr. **O. Tumlirz** in Czernowitz.

Ich habe im Jahre 1887 in Fr. Exners Repertorium der Physik ein einfaches Verfahren zur Demonstration der Umkehrung der Natriumlinie beschrieben und dieses Verfahren seither so wesentlich verbessert, daß es jetzt die Erscheinung in sehr befriedigender Weise zeigt. Es kommen, wie aus der Fig. 1 zu entnehmen ist, zwei einfache Apparate zur Verwendung. Der eine ist eine Weingeistlampe L, welche mit einer Mischung gespeist wird, die aus ungefähr 70% Weingeist, 25% Wasser und 5% einer gesättigten Kochsalzlösung besteht. Man reguliere den Docht so, daß die Flamme eine Höhe von ungefähr 8 cm erhält. Es ist angezeigt, die Fäden des Dochtes nicht auseinanderzulegen und ihre Spitzen öfter abzuschneiden.

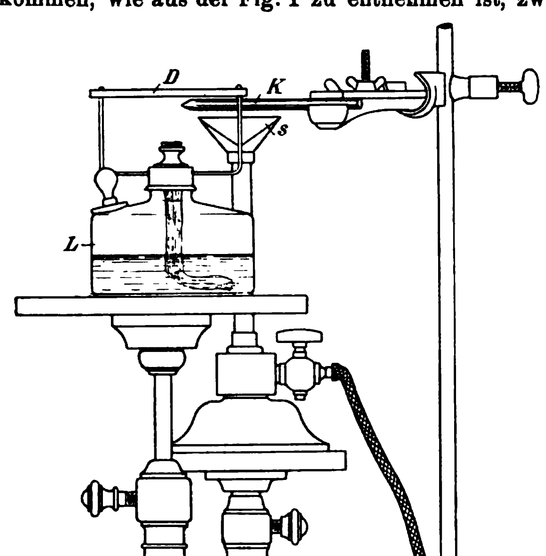


Fig. 1.

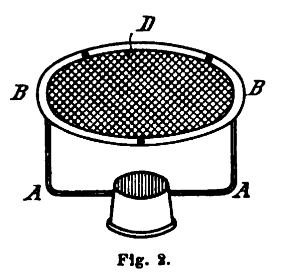


Fig. 2.

Hat die Flamme die genannte Höhe erreicht, so setzt man das in Fig. 2 besonders gezeichnete Drahtnetz D auf die Weingeistlampe. Das von mir verwendete Eisendrahtnetz hat quadratische Maschen von 3,5 mm Seite und eine Drahtstärke von ungefähr 0,5 mm. Es befindet sich in einer kreisförmigen Messingfassung, welche einen inneren Durchmesser von 70 mm hat und von zwei Messingdrähten ($AB = 40$ mm) getragen wird. Durch das Drahtnetz wird die Flamme zunächst abgeschnitten, doch schlägt sie nach einiger Zeit, wenn das Netz an der betreffenden Stelle rotglühend geworden ist, durch. Die ganze Flamme besteht dann aus zwei sehr verschiedenen Teilen, welche durch das Drahtnetz voneinander getrennt sind; der untere Teil leuchtet hell, der obere dagegen sehr schwach, infolge der Abkühlung durch das Drahtnetz. Das Eisendrahtnetz muß von Zeit zu Zeit erneuert werden.

Der zweite Apparat ist ein Bunsen-Flachbrenner, dessen Spaltöffnung (*s* in Fig. 1) bei meinem Versuch 50 mm lang ist. In den unteren Saum der Flamme und parallel zur Spaltöffnung bringt man, so wie es Fig. 1 zeigt, einen Kohlenstift *K*, welcher vorher in der Weise präpariert wird, daß man ihn durch längere Zeit in einer gesättigten Kochsalzlösung liegen läßt. Die Bunsenflamme nimmt schon nach kurzer Zeit eine gleichmäßige gelbe Färbung an. Schließlich stellt man (s. Fig. 1) die Weingeistlampe so vor den Bunsenbrenner, daß der Kohlenstift *K* in die Ebene des Drahtnetzes *D* zu liegen kommt, (Fig. 3) und visiert durch den oberen, matt leuchtenden Teil *o* der Weingeistflamme gegen die gelbe Bunsenflamme. Man sieht dann den oberen Teil *o* der Weingeistflamme ganz schwarz, so wie es die Figur 3 darstellt. Es ist wichtig, bei dem Versuch einen schwarzen Hintergrund (z. B. die Schultafel) zu wählen. Noch geeigneter ist ein verdunkeltes Zimmer.

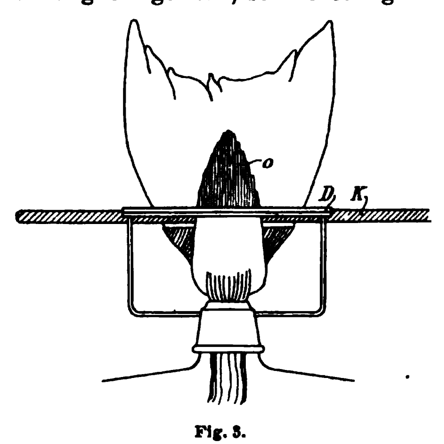


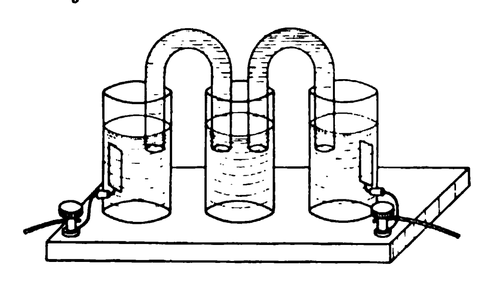
Fig. 3.

Ein elektrolytischer Demonstrationsversuch.

Von Prof. **Fred J. Hillig** in Buffalo N.-Y.

Das folgende Experiment eignet sich gut zur Darstellung einiger Hauptvorgänge bei der Elektrolyse und zur Erläuterung derselben an der Hand der Ionentheorie. Als Elektrolyt dient eine halb gesättigte Kochsalzlösung, die mit Rotkohlsaft gefärbt ist. Zur Bereitung des Farbstoffes wähle man ein halbes Dutzend Kohlblätter und koche sie einige Minuten in Wasser; dann löse man das Salz in dem Absud und filtriere. Um ein möglichst klares Farbenspiel beim Experiment zu erzielen, ist es gut, die blaue Farbe der Lösung durch einen Tropfen Säure in Rot zu verwandeln. Die Menge der zu benutzenden Lösung ergibt sich aus den folgenden Dimensionen der Gläser.

Man wähle 3 zylindrische Gläser von je 10 cm Höhe und 5 cm Durchmesser und fülle sie mit der Flüssigkeit. Dann nehme man 2 U-förmige Röhren von je 5 cm Höhe und etwa $1^1/_2$ cm Durchmesser, fülle auch diese und stülpe sie, wie die Figur zeigt, in die Gläser, sodaß je eine Röhre in zwei Gläser von oben hineinragt und zwar mit den offenen Enden unter den Spiegel der Flüssigkeit (vergl. Fig.). Um bei diesem Verfahren das Entstehen von Luftblasen zu vermeiden, geht man am besten folgendermaßen vor: Man füllt die aufrecht gehaltene Röhre bis zum Rande und preßt dann in jede Öffnung einen Pfropf leicht hinein, wobei Flüssigkeit austritt. Nun kehrt man um, hält die Enden unter die Flüssigkeit in die Gläser und zieht mit einer Zange die Pfropfen heraus. Schließlich senkt man die aus Platinblech bestehenden Elektroden in die beiden äußeren Gläser, aber so, daß die Elektroden nicht senkrecht unter die Öffnungen der U-Röhren zu stehen kommen. Will man den Apparat öfters benutzen, so empfiehlt es sich, die Elektroden seitlich einzuführen und mit Polschrauben, die auf einem Brett befestigt sind, permanent zu verbinden. An die letzteren kann man dann jederzeit die Drähte von der Stromquelle her anschrauben.



Der Strom, den man durch die Lösung leitet, darf schon recht stark sein. Ich benutze den Strom — natürlich Gleichstrom — der Beleuchtungsanlage. Übrigens läßt sich derselbe, falls es nötig wäre, durch Verdünnung der Lösung herabdrücken. Mit dem Strom von einigen schwachen Elementen erzielt man kein befriedigendes Resultat.

Wird nun der Strom geschlossen, so beginnt an beiden Polen Gasentwicklung, an der Anode wird Chlor, an der Kathode Wasserstoff frei. Nach kurzer Zeit färben sich die

Flüssigkeiten in den beiden äußeren Gläsern anders, und zwar wird das Rot in dem Anodenglas allmählich fahl und verblaßt schließlich ganz, während die Flüssigkeit in dem Kathodenglas sich grün färbt. Im mittleren Glas dagegen bleibt das Rot fortbestehen. Berührt man nun die U-Röhren mit der Hand, so bemerkt man, daß sie warm bezw. heiß geworden sind.

Folgendes sind nun die Schlüsse, die wir aus den Beobachtungen ziehen: 1. An der Anode, und nirgendwo anders, scheidet sich freies Chlor ab. Beweis dafür ist die Entfärbung des vegetabilen Farbstoffes. 2. An der Kathode, und sonst nirgendwo, scheidet sich Natrium ab. Dies nehmen wir indirekt daran wahr, daß sich die Flüssigkeit grün färbt. Dieser Farbenwechsel kann nur erklärt werden durch das Auftreten einer Base, und die hier mögliche Base ist natürlich Natriumhydrat. Das Gas, welches sich ebenfalls bildet, läßt sich gemäß der Formel

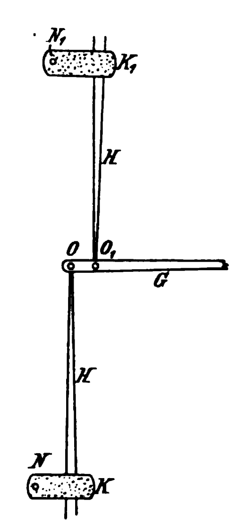
$$Na_2 + 2\,(H_2\,O) = 2\,(Na\,H\,O) + H_2$$

als Wasserstoff nachweisen. 3. Das mittlere Glas behält die ursprüngliche Farbe, also befindet sich dort weder freies Chlor noch freigewordenes zu Natriumhydrat verbundenes Natrium vor. 4. Die Ionen wandern von überall her in großen Mengen nach den beiden Polen, die Chlorionen zur Anode, die Natriumionen zur Kathode. Da nun in den dünnen U-Röhren die sich bewegenden Anionen und Kationen viel dichter zusammengedrängt sind als in den weiten Gläsern, so entsteht Reibung, und zwar sowohl zwischen den aneinander vorbeistreichenden Anionen und Kationen als auch zwischen Ionen und Wassermolekeln, was naturgemäß die Temperatur in den Röhren stark hinauftreiben muß, wie dies auch wirklich der Fall ist.

Stellt man den Versuch am Abend oder vor einer großen Versammlung an, so wirkt der erwähnte Farbenwechsel prächtig, wenn man hinter je eines der drei Gläser eine Kerze oder Glühlampe anbringt. Das Steigen der Temperatur in den beiden Röhren läßt sich ebenfalls durch Anwendung eines Differentialthermometers sichtbar machen.

Versuche mit einfachen Mitteln.

10. W. Weiler in Eßlingen: **Ein einfaches Hygroskop.** Durch zwei Korke $K\,K_1$ sind die Stecknadeln $N\,N_1$ gesteckt und diese irgendwo in die Wand eingetrieben. Durch jeden Kork ist ein Haar H gezogen und dieses durch eine mit glühender Nadel eingebrannte Öffnung O eines Stroh- oder Grashalms G oder eines leichten Stäbchens. Die Haare sind, wie bekannt, mit sehr verdünnter Sodalösung entfettet worden. Die Haarschleife liegt aber nicht wie in der Zeichnung, sondern beide Teile sind parallel der Wand. Die Haare kann man ersetzen durch Gelatinestreifen von 2 bis 3 mm Breite, durch Papierstreifen, und selbst Baumwollfäden zeigen sich hygroskopisch. Je länger G genommen wird und je näher die Öffnungen $O\,O_1$ liegen, durch welche die Haare gezogen sind, desto größer werden die Ausschläge des Zeigers. Man bezeichnet den Stand desselben an einem sehr feuchten und an einem sehr trockenen Tag und teilt den Zwischenraum in beliebige Teile. Die Luft ist sehr feucht im Sommer bei Regenwetter und sehr trocken im kalten Winter bei geheiztem Zimmer.



11. W. Milewski in Stettin: **Ein Fritter mit Quecksilberfüllung** zum Abhören von Zeichen mit dem Telephon dürfte von Interesse sein, zumal dessen Herstellung und Regulierung sehr einfach ist.

In ein kurzes Glasröhrchen von etwa 4 mm Durchmesser kittet man mit Siegellack einen dünnen Kohlenstab mit einer kleinen Vertiefung zur Aufnahme eines Quecksilbertropfens von etwa 2 mm Durchmesser fest. Ein zweites dünneres Kohlenstäbchen wird mit dem mit der Feile abgerundeten Ende in die Glasröhre soweit hineingeschoben, daß die Spitze den Quecksilbertropfen eben berührt. Schaltet man diesen Quecksilberfritter mit

einem Telephon in den Stromkreis zweier kleinen Elemente und zwar so, daß der untere dickere Kohlenstab mit dem + Pol verbunden wird, so ist diese Vorrichtung zum Abhören von Funkentelegrammen bereit. Die Stellung des Fritters ist bei den vorzunehmenden Versuchen eine vertikale, die Entfrittung geschieht von selbst[1]).

Für die Praxis.

Projektionsbilder auf Mattglas. Von Dr. Penseler in Blankenese. Im Jahrgang XV S. 350 d. Zeitschr. habe ich ein Verfahren beschrieben, Projektionsbilder auf recht durchsichtigem Pauspapier herzustellen. Inzwischen hat nun einer meiner Schüler die folgende Methode herausgefunden, Mattglas für Projektionszwecke brauchbar zu machen.

Wegen der rauhen Oberfläche läßt sich auf Mattglas sehr gut zeichnen, aber da es wenig lichtdurchlässig ist, so erscheint eine Zeichnung mit Bleifeder, Tinte, Tusche oder Farbe auf Mattglas im Projektionsbilde recht verschwommen. Überzieht man aber das mit einer Zeichnung versehene Mattglas mit einer dünnen Schicht Schellack oder Spirituslack, so wird es hinreichend durchsichtig, sodaß jetzt das Lichtbild in voller Schärfe und Helligkeit hervortritt. Dieses Überziehen mit Lack hat außerdem den Vorteil, daß die Zeichnung fixiert ist[2]). — Auf der Lackschicht läßt sich nun wieder zeichnen, wenn auch die Farb- oder Tintenstriche nicht ganz so gut darauf haften wie auf der rauhen Glasfläche. Diese letzten Zeichnungen lassen sich leicht mit Wasser abwaschen, ohne daß dadurch der Lacküberzug leidet. So kann man auf der Glasplatte zwei Arten übereinanderliegender Zeichnungen herstellen, von denen nur die letzte mit Wasser zu entfernen ist. Die Verwendbarkeit dieser Bilder ist mir besonders klar geworden in den Vorträgen, die einer meiner Kollegen kürzlich über „das Wetter“ gehalten hat. In jedem einmal wöchentlich stattfindenden Vortrage wurden die Wetterkarten der verflossenen Woche in Lichtbildern vorgeführt. Auf Mattglas waren mit Tusche die Umrisse des mittleren Europas aufgezeichnet, diese Skizzen wurden mit Lack fixiert und dann erst wurden die Isobaren mit roter, Windrichtung und Stärke mit schwarzer Wasserfarbe eingetragen. Für den nächsten Vortrag wurden dieselben Glasplatten benutzt; nachdem mit Wasser die zweite Zeichnung entfernt worden, wurde die neue Wetterlage eingezeichnet. Diese Projektionsbilder standen den käuflichen nicht an Übersichtlichkeit und Schärfe nach. — Auch die fixierte erste Zeichnung läßt sich, wenn man die Lackschicht mit Spiritus sorgfältig abgewaschen hat, wieder entfernen, sodaß die Glasplatte für ein ganz neues Bild verwendbar ist.

Reinigung des Quecksilberschlammes in Quecksilberunterbrechern. Von Prof. E. Grimsehl in Hamburg. Bei der Anwendung von Quecksilberunterbrechern an Induktionsapparaten bildet sich in dem Quecksilbergefäß nach kurzer Zeit ein undefinierbarer Schlamm, der der Reinigung und der Wiedergewinnung des Quecksilbers zu spotten scheint. Nach vielfachen Versuchen mit anderen Mitteln ist mir die Reinigung mit Hilfe von Kali- oder Natronlauge gelungen. Der Schlamm besteht nämlich zum größten Teile aus einer Emulsion von Quecksilber mit dem über dasselbe geschichteten Petroleum. Mikroskopisch kleine Quecksilbertröpfchen sind mit einer Petroleumhülle umgeben, welche die Wiedervereinigung der Quecksilbertröpfchen hindern. Gießt man aber konzentrierte Kali- oder Natronlauge zu der Emulsion, so lagert sich unter einem dicklichen schmutzigen Schaum das Quecksilber in kurzer Zeit als zusammenhängende Masse ab und kann dann durch Abgießen von dem Schaum getrennt werden. — Auch Schütteln mit Schmierseife (grüner Seife) und Wasser unter wiederholter Erneuerung des Mittels erfüllt denselben Zweck.

[1]) *Anm. d. Red.* Das Mikrophonfritter der italienischen Kriegsmarine besteht aus einer starken Glasröhre mit Elektroden aus Kohle oder Eisen, zwischen denen sich Quecksilberkügelchen befinden.

[2]) *Anm. d. Red.* Dies Verfahren ist auch schon von Dallinger beschrieben worden (L. Wright, Optical Projection, 403). Neu ist die dann beschriebene weitere Behandlung der Platten.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Einige neue Verfahren zur bequemen Demonstration elektrischer Wellen in Drähten sind neuerdings von F. A. Schulze mitgeteilt (*Sitzungsber. der Ges. zur Beförder. der ges. Naturwissenschaften in Marburg. No. 8, Dezember 1902, S. 121÷127*). In recht schöner Weise kann man ja Drahtwellen nachweisen durch Verwendung von Induktorium mit Tesla-Apparat und dünnen Drähten bei etwas geändertem Blondlot-Erreger (Methode von Coolidge), oder durch Ausspannen der Drähte im Vakuumrohr (Methode von Arons), — beide erfordern aber, um deutlich zu sein, verdunkelte Zimmer. Man kann nun nach Schulze

1. sehr leicht die Knoten und Bäuche aufsuchen und nachweisen, wenn man bei der Anordnung nach Coolidge ein geladenes Elektroskop, etwa ein bis 3000 Volt anzeigendes Braunsches Instrument entweder unter oder mit seinem Knopfe zwischen die Drähte bringt. Es findet dann Entladung des Instrumentes statt und zwar an den Knoten mit der geringsten Geschwindigkeit, wohl infolge vorhandener Oberschwingungen, ein Bestehenbleiben der Ladung nur, wenn an den Knotenstellen Brücken liegen. Die Entladungsgeschwindigkeit ist größer bei positiver als bei negativer Ladung des Elektrometers, bei + 3000 Volt z. B. verschwindet die Ladung sofort, bei — 3000 Volt dagegen erst nach etwa 5 Sekunden. Diese Elektroskopentladung ist jedenfalls eine Folge einer Ionisation der Luft in der Umgebung der Drähte an den Bäuchen des elektrischen Potentiales und kann entweder verursacht sein durch die an den dünnen Drähten stattfindende Spitzenausstrahlung oder durch das schnelle elektrische Wechselfeld zwischen den gegenüberliegenden Bäuchen des elektrischen Potentiales, die schnelle Umkehr der dielektrischen Polarisation. Es ließ sich nun leicht feststellen, daß bei den hier beschriebenen Versuchen nur die Spitzenentladung als Ionisierungsursache in Betracht kommt, denn wenn man den Kopf des Elektrometers mit einem Ebonitzylinder umgibt, so hört jede Entladung auf, trotzdem die elektrischen Kraftlinien ungehindert das Instrument treffen können, während bei Ersatz des Ebonit- durch einen Drahtnetzzylinder wieder eine, wenn auch langsame Entladung stattfand. Ebenso hindert jeder zwischen die Drähte und den Elektrometerknopf gebrachte Gegenstand, der eine unmittelbare geradlinige Einwirkung auf jenes seitens der Drähte ausschließt, die Entladung ebenfalls. Sowie durch Ausschalten des Induktoriums die Wellen aufhören, hört auch die Entladung des Elektroskopes auf. Andererseits kann man während der Wellenerregung die elektrisierte Luft fortblasen und durch sie am weiter entfernten Instrument Entladung hervorrufen. Jede Entladung hört auf, wenn man die dünnen Drähte ersetzt durch dicke, z. B. solche von 2 mm Durchmesser; in diesem Falle behält das Elektroskop seine Ladung vollständig auch in einem Bauche der elektrischen Schwingung, jedoch nicht mehr dann, wenn zwischen zwei benachbarten Knoten desselben Drahtes auf ihm noch ein 0,1 mm dünner Draht ausgespannt wurde.

2. Die Ionisation durch die Spitzenentladung an dünnen Drähten ermöglicht nun ein zweites Verfahren zum bequemen Nachweise des elektrischen Schwingungszustandes, indem sie gestattet das bekannte Dampfstrahlphänomen anzuwenden, wonach in der Nähe der Bäuche sich erhöhte Kondensation zeigen muß, während dieselbe an den Knoten ausbleibt. In der Tat tritt die Erscheinung auch sehr kräftig und deutlich auf, zeigt jedoch in ihrem Verhalten einen bemerkenswerten Unterschied gegen die vorherbesprochene, insofern die Wirkung auf den Dampfstrahl nicht abgeschirmt wird, sondern bestehen bleibt, solange irgendwie ein freier Weg durch die Luft zwischen Drähten und Dampfstrahl vorhanden ist. Erst wenn man die Drähte auf 10÷20 cm Länge in Glas- oder Papierröhren einschließt, reagiert der Dampfstrahl nicht mehr. Anscheinend findet durch den Dampfstrahl selbst ein förmliches Ansaugen der ionisierten Luft statt, sodaß die Ionen auch auf krummlinigen Bahnen an den Dampfstrahl gelangen können.

3. Ein weiteres, namentlich für Demonstrationszwecke sehr angenehmes Verfahren beruht auf der sehr kräftigen Fluorezenz eines Bariumplatincyanürschirmes in der Nähe elektrischer

Ausströmungen. Man legt dazu am besten einen langen etwa 5 cm breiten mit Bariumplatincyanür bestrichenen Papierstreifen mit seiner Schicht ganz dicht an einen der beiden Drähte; der Streifen leuchtet sehr hell an den Bäuchen und bleibt an den Knoten, die nicht überbrückt zu werden brauchen, vollkommen dunkel, die Erscheinung war in einem großen Auditorium noch auf 15 m Entfernung ganz hell zu sehen. *W. B. von Czudnochowski.*

2. Forschungen und Ergebnisse.

Neue Arten von Lichtstrahlen. Von R. Blondlot *(C. R. CXXXIV 1559, CXXXV 666, 721, 763 (1902); CXXXVI 284, 487, 735, 1120, 1227 (1903))*. Der Verf. beschreibt zunächst eine Reihe sehr schöner Versuche, die er mit Strahlen erhalten hat, welche von der Antikathode einer Entladungsröhre ausgehen und die er anfangs für Röntgenstrahlen hielt. Zuletzt stellte sich aber heraus, daß diese Strahlen Eigenschaften besitzen, die den Röntgenstrahlen nach gesicherten Beobachtungen nicht zukommen und daß sie demzufolge als eine neue Art von Lichtstrahlen aufgefaßt werden müßten.

Eine Vakuumröhre wurde genau so angeordnet, wie es zur Erzeugung von Röntgenstrahlen nötig ist; um jeden Einfluß sichtbarer Lichtstrahlen auszuschließen, wurde die Röhre sorgfältig mit schwarzem Papier umhüllt. Dann treten aus ihr Röntgenstrahlen und gleichzeitig jene anderen Strahlen aus, welche auf sehr kleine elektrische Funken in ähnlicher Weise einwirken wie ultraviolette Lichtstrahlen. Man läßt den Funken zwischen zwei Metallelektroden, die nur um einen Bruchteil von $^1/_{10}$ mm von einander entfernt sind, überspringen und macht die Potentialdifferenz etwas größer, als sie für die Funkenbildung ohne Bestrahlung nötig ist. Läßt man dann die Strahlen einwirken, so wird der Funke heller, unterdrückt man die Strahlen, so erhält der Funke wieder sein ursprüngliches Aussehen. Der durch ein Induktorium zwischen den beiden Hälften einer Kupferstange erzeugte kleine Funke befand sich in der Achse der Röntgen-Röhre. Man reguliert, nach Abblendung der Strahlen durch einen Bleischirm, den Abstand der Spitzen und die Entfernung der Röhre so, daß das Fünkchen absolut regelmäßig ist; es erscheint dann wie ein kleiner rötlicher Lichtschimmer. Wird dann die Bleiplatte entfernt, so wird der Funke augenblicklich heller und weißer; schiebt man die Platte wieder vor, so erhält der Funke sein erstes Aussehen; bei raschem Hin- und Herschieben der Platte macht er den Eindruck des Funkelns. Daß diese Helligkeitsänderungen des Funkens nicht auf durch die Bleiplatte bewirkte Änderungen der elektrischen Influenz beruhen, wurde vom Verf. durch besondere Versuche festgestellt. Die Wirkung der Strahlen auf den Funken hat wohl mit der durch die Strahlen veranlaßten Vergrößerung der Schlagweite eine gemeinsame Ursache, indem in beiden Fällen der Widerstand, den die Luft dem Durchgange der Elektrizität bietet, verkleinert wird. Das Phänomen ist nur mit außerordentlich kleinen Funken zu beobachten möglich: bei stärkeren Funken ist der Luftwiderstand schon sehr gering und seine Verringerung durch die Strahlen übt einen nicht bemerkbaren Einfluß auf die Helligkeit des Funkens aus.

Diese Einwirkung der neuen Strahlen auf kleine Entladungsfunken benutzte der Verf., um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Strahlen mit der Geschwindigkeit elektrischer Wellen zu vergleichen. Er wandte dabei folgende Versuchsanordnung an. Von den Polen B und B' einer Induktionsrolle (Fig. 1) gehen zwei Drähte aus und führen zu den Elektroden H und H' einer Vakuumröhre. Bevor sie die Röhre erreichen, sind diese horizontal und einander parallel ausgespannten Drähte verbunden mit den beiden Hälften eines Hertzschen Erregers, der aus zwei Messingzylindern A und A' besteht, die sich innerhalb eines mit Vaselinöl gefüllten Fläschchens befinden. Unterhalb dieses (in der Figur nicht sichtbaren) Fläschchens liegt ein Resonator in Form eines Kupferdrahtringes $D\,D'\,C$ (in der Figur seitlich gezeichnet),

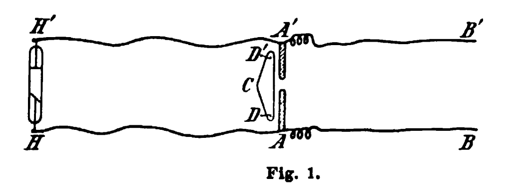


Fig. 1.

dessen Schlitz C nach der Röhre zu liegt, um die von dort kommenden Strahlen aufzunehmen; gegen jede andere Strahlung ist er durch Schirme aus schwarzem Papier und ein Aluminiumblättchen geschützt.

Durch passende Regulierung der Funkenlänge des Erregers im Öl kann man gleichzeitig die Röhre und den Erreger in Tätigkeit setzen. Bei jedem Stromstoß der Induktionsrolle erreicht die Potentialdifferenz zwischen H und H' einen für die Aktion der Röhre hinreichenden Wert; während diese Potentialdifferenz zunimmt, springt in dem Erreger der Funke über: die Röhre, plötzlich ohne Strom, verlöscht, während die oszillierende Entladung des Erregers fortdauert und sich vollendet. Zuerst seien die Röhre ganz nahe dem Erreger und die Drähte AH und $A'H'$ so kurz wie möglich (11 cm). Trägt man dann als Abszissen die Zeiten, gerechnet von dem Moment an, wo der Funke in dem Öl erscheint, und als Ordinaten die Potentialdifferenzen zwischen A und A' auf, so erhält man eine rasch gedämpfte Sinusoide $MNPQ$ (Fig. 2). Ist der Apparat reguliert, so ist das für die Röhre notwendige Potential nur wenig geringer als das Entladungspotential des Erregers: es genügt in der Tat eine geringe Verkürzung der Schlagweite, damit die Entladung nicht mehr durch die Röhre, sondern ganz durch den Erreger geht. Hieraus folgt, daß die Röhre erlischt, sobald das Potential infolge der oszillierenden Entladung etwas kleiner geworden ist, und zwar in einer Zeit, die kleiner ist als ein Viertel der Periode des Erregers; die Kurve, welche die Intensität der Strahlen darstellt, wird daher gebildet von einem fast horizontalen Teil RS, der der Entladung vorhergeht, und einem steil hinabgehenden Teile SU. Zeichnet man die Kurve, deren Ordinate die an dem Schlitz des Resonators durch die Entladung des Erregers erzeugte elektrische Kraft darstellt, so wird diese Ordinate Null, solange die ganze Entladung durch die Röhre geht; sie erreicht erst einen merklichen Wert zu einer Zeit, in der der Erreger zum Teil schon entladen ist; ihr Maximum tritt ein, wenn der Erreger wieder entgegengesetzte Ladung besitzt, d. h. am Ende einer halben Schwingung. Daraus folgt, daß, wenn der Resonator zu oszillieren anfängt, die Strahlen schon ausgelöscht sind, sie mithin keine Wirkung mehr auf den sekundären Funken ausüben können. Der Versuch bestätigt dieses: bringt man eine Bleiplatte zwischen die Röhre und den Resonator, so ändert der Funke nicht sein Aussehen.

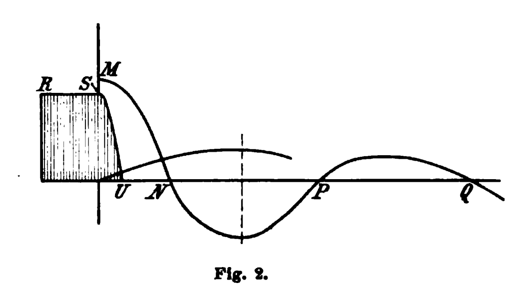


Fig. 2.

Ersetzt man bei unveränderter Stellung der Röhre die kurzen Drähte AH, $A'H'$ durch 25 cm lange, so wird das Erlöschen der Strahlen verzögert um die Zeit, welche die Hertzschen Wellen brauchen, um $25 - 11 = 14$ cm zu durchlaufen. Um die gleiche Zeit später verschwinden die Strahlen an dem Schlitz des Resonators und können folglich noch auf den Funken einwirken. In der Tat bemerkt man jetzt, daß durch Zwischenstellen einer Bleiplatte der Funke weniger hell wird. Diese Wirkung der Strahlen nimmt zu, wenn man die Drähte AH und AH' verlängert; für Längen von 33 cm, 80 cm, 130 cm wird sie immer deutlicher bemerkbar. Die Versuche zeigen also, daß die Strahlen erlöschen, sobald die elektrische Entladung in der Röhre aufgehört hat. Bei den 11 cm langen Drähten zeigt sich keine, bei 25 cm langen schon eine deutliche Wirkung; wenn daher eine Verlängerung der Emission der Strahlen oder eine Verlängerung ihrer Wirkung auf den Resonator besteht, so muß die Summe beider sehr klein sein gegenüber $14/3 \cdot 10^{10}$ Sek.

Nimmt man die Drähte von unveränderlicher Länge, z. B. 50 cm, und entfernt allmählich die Röhre, so werden die Strahlen um die Zeit verzögert werden, welche sie für die Entfernung von der Röhre bis zum Resonator brauchen. Ihr Verschwinden an der Funkenstrecke wird um ebensoviel verzögert, und, wenn ihre Geschwindigkeit der der Hertzschen Wellen vergleichbar ist, muß die Entfernung der Röhre dieselbe Wirkung haben wie die Verlängerung der Drähte, d. h. eine bessere Koinzidenz des Zeitpunktes, in dem die elektrische Kraft

in dem Resonator auftritt, mit dem Zeitpunkt, in dem die Strahlen hier zugegen sind, mithin eine verstärkte Wirkung der Strahlen auf den Funken. Man kommt so zu dem eigentümlichen Paradoxon, daß die Röhre in größerer Entfernung eine größere Wirkung ausüben muß als in der Nähe. Der Versuch bestätigte auch dieses in überraschender Weise: die Helligkeit des Funkens nahm zu in dem Maße, wie man die Röhre entfernte. Die Zunahme ist allein den von der Röhre kommenden Strahlen zuzuschreiben, da die Wirkung verschwindet, wenn man zwischen Röhre und Resonator eine Bleiplatte bringt.

Nimmt man die Drähte wieder länger (z. B. 80 cm) und entfernt die Röhre, so wird es bei einer gewissen Entfernung eintreten, daß die Strahlen an der Resonatoröffnung ihre volle Stärke während der ganzen Zeit besitzen, in der die elektrische Kraft dort einen beträchtlichen Wert besitzt (Fig. 3): die Wirkung der Strahlen wird dann so groß sein, als ihre Intensität zuläßt. Fährt man mit der Entfernung der Röhre fort, so wird sich die Koinzidenz zwischen der Anwesenheit der Strahlen und der der elektrischen Kraft in der Resonatoröffnung nicht mehr verbessern können, und man wird sie ebenso wie die Intensität der Strahlen verlieren. Die Wirkung der Strahlen wird also durch ein Maximum gehen.

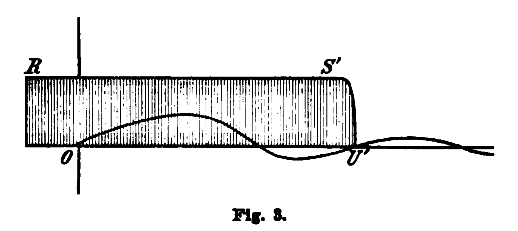


Fig. 3.

Das zeigte sich auch wirklich: der Funke erreichte eine maximale Helligkeit, wenn die Röhre etwa 53 cm von der Resonatoröffnung entfernt war. Auch dieses Maximum verschwand bei Zwischenstellung einer Bleiplatte.

Aus den Versuchen geht schon hervor, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit V' der neuen Strahlen von derselben Größenordnung ist, wie die Geschwindigkeit V der Hertzschen Wellen. Das Verhältnis beider läßt sich mit Hilfe jenes Maximums bestimmen. Verlängert man nämlich die Zuleitungsdrähte um α cm, so wird das Aufhören der Strahlen an der Unterbrechungsstelle des Resonators um α/V Sekunden verzögert; man muß daher, um die Koinzidenz der Zeiten wiederherzustellen und das Maximum wiederzufinden, die Entfernung der Röhre vor der Resonatoröffnung um eine solche Länge β verkleinern, daß $\beta/V' = \alpha/V$ ist. Es wurden für α eine große Anzahl verschiedener Werte genommen und die zugehörigen Werte von β bestimmt. Nimmt man für α und β die Mittelwerte aus 80 Beobachtungen, so erhält man für $V/V' = 161{,}7/163{,}5$; aus anderen Versuchsreihen ergab sich das Verhältnis 138/139, 146/144 u. s. w.; als Mittelwert findet man $V/V' = 0{,}97$. Anstatt die Länge der Zuleitungsdrähte zu verändern, kann man auch den Resonatordraht verlängern. Zu dem Zwecke wurde an die Enden des Resonators noch eine kurze Drahtleitung a angelötet, an deren Ende sich dann erst das Funkenmikrometer befand. Die von dem Erreger im Resonator erregte Welle hat dann noch die Länge a zu durchlaufen und der Funke in dem Mikrometer verzögert sich um a/V Sekunden; um das Maximum des Funkens zu erhalten, muß man ebenso wie vorhin den Abstand der Röhre um b cm vergrößern, sodaß $b/V' = a/V$ wird. Aus sehr zahlreichen Versuchen, bei denen a von 0 bis 25 cm variierte, ergab sich $V'/V = 0{,}93$, also ein dem vorigen sehr nahestehender Wert. Aus beiden Versuchsreihen läßt sich jedenfalls der Schluß ziehen: Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der neuen Strahlen ist gleich der Geschwindigkeit der Hertzschen Wellen oder der des Lichtes in der Luft.

Der Erfolg einiger anderer Versuche ist nach dem vorigen vorauszusehen. Befinden sich die Zuleitungsdrähte in luftleeren Kautschukröhren und hat man sie auf eine Länge von 40 cm eng zusammengebunden, so muß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen kleiner sein, weil die Schwingungen hauptsächlich in dem Kautschuk stattfinden; dementsprechend mußte auch die Röhre zur Erzielung des Maximums um 11 bis 12 cm genähert werden. Die Verzögerung der Wellen wird noch größer, wenn man in die Leitungsdrähte einen Kondensator mit dazwischenliegender Ebonitscheibe einschaltet; man konstatierte hierbei, daß das Maximum verschwunden war und daß mit Entfernung der Röhre die

Intensität des Funkens beständig abnahm. Ebenso war kein Maximum mehr vorhanden, wenn die Zuleitungsdrähte bis auf 80 + 57 cm, d. h. um 4 cm mehr verlängert wurden, als die Entfernung der Resonatoröffnung von der Röhre in ihrer maximalen Wirkung bei 80 cm Drahtlänge betrug; der Funke nahm bei Entfernung der Röhre beständig ab. Wurden die Drähte dagegen bis auf 64 cm und darunter verkürzt, so nahm die Intensität des Funkens bei Entfernung der Röhre aus ihrer Minimalstellung bis zum Abstand der Drahtlänge zu.

Die Einwirkung der neuen Strahlen auf kleine elektrische Funken führte den Verf. weiterhin zur direkten Beobachtung ihrer Polarisation. Da jeder X-Strahl aus einem Kathodenstrahl entsteht, so war es wohl denkbar, daß er in der durch die beiden Strahlen bestimmten Ebene besondere Eigenschaften habe. Aus dieser Überlegung glaubte Blondlot zuerst eine Polarisation der Röntgenstrahlen nachweisen zu können, während sich dann zeigte, daß eine solche auch nur den die X-Strahlen begleitenden neuen Strahlen zukomme. Zur Untersuchung diente die in Fig. 4 skizzierte Anordnung. Eine Vakuumröhre ist durch die mit Guttapercha isolierten Zuleitungsdrähte BH, $B'H'$ mit den Polen eines Induktoriums verbunden; zwei andere ebenfalls isolierte Drähte AIC und $A'IC'$ endigen bei A und A' in zwei Ösen, welche die Drähte BH und $B'H'$ umgeben, während die Enden C und C' in einer kleinen Entfernung einander gegenüberstehen. Durch elektrostatische Wirkung der Zuleitungsdrähte auf die Ösen entsteht bei jedem Unterbrechungsstrom des Induktoriums an der Stelle CC' ein kleiner Funke, während gleichzeitig Strahlen in der Röhre auftreten. Die Funkenstrecke CC' läßt sich beliebig orientieren, der Einfluß der Röhre auf sie durch ein Aluminiumblatt aufheben.

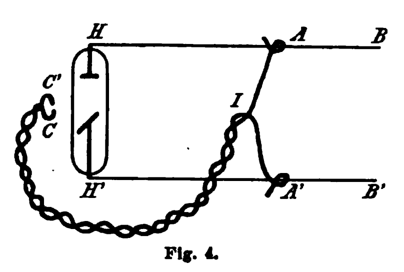


Fig. 4.

Denkt man sich drei aufeinander senkrechte Koordinaten, von denen OZ die vertikale bildet, und bringt die Röhrenachse und mithin auch die Kathodenstrahlen in die Richtung OY, so sendet die Antikathode in der Richtung OX Röntgenstrahlen aus. Wurde die Funkenstrecke parallel OY gebracht, so steigerte sich durch Bestrahlung die Helligkeit des Funkens CC', wie durch Zwischenschieben einer Bleiplatte leicht festgestellt werden konnte. War dagegen CC' parallel OZ, so war die Wirkung der Strahlen auf den Funken verschwunden, und das Zwischenschieben der Platte verminderte seine Helligkeit nicht weiter. Jeder auf den Funken wirkende Strahl hat also eine Aktionsebene, die durch ihn und den erzeugenden Kathodenstrahl gebildet wird. Bringt man die Funkenstrecke allmählich aus der Lage OY in die Lage OZ, so nimmt die Wirkung der Strahlen ebenso allmählich ab. Dreht man den Funken um OX als Achse in der Ebene ZOY, so sieht man Helligkeitsänderungen des Funkens, ähnlich denen, die man bei polarisiertem Licht durch ein gedrehtes Nicol beobachtet; der kleine Funke dient also als Analysator. Eine Drehung der Fokusröhre um ihre Achse änderte die Erscheinung nicht; die Stellung der Antikathode hat also auf die Wirkungsebene keinen Einfluß. Ändert man die Lage des Funkens innerhalb der Aktionsebene, so beobachtet man, daß die Wirkung der Strahlen am größten ist, wenn der Funke zu ihnen senkrecht, dagegen Null wird, wenn er ihnen nahezu parallel ist. Von den verschiedenen von der Antikathode ausgehenden Strahlen zeigten sich diejenigen, welche fast in der Richtung der Kathodenstrahlen selbst — die Kathode streifend — verlaufen, nur sehr unvollkommen polarisiert.

Weitere Versuche zeigten, daß Quarz und Stückenzucker die Polarisationsebene der neuen Strahlen in demselben Sinne drehen, wie die Polarisationsebene des Lichts; beobachtet wurden Drehungen von 40°. Ebenso zeigten die auf den Funken wirkenden Strahlen auch alle übrigen Eigenschaften der Lichtstrahlen. Ein Glimmerblatt, dessen Achse um 45° gegen die Aktionsebene der Strahlen geneigt war, zerstörte die geradlinige Polarisation, indem die Wirkung auf den Funken nun unabhängig von dessen Azimut blieb. Durch ein zweites Glimmerblatt mit senkrecht zu dem vorigen stehender Achse oder durch einen Babinetschen Kompensator wurde die Polarisation wieder hergestellt. Es zeigten sich also auch alle Eigentümlichkeiten der zirkularen und elliptischen Polarisation. Daraus muß man auf das Vor-

handensein einer Doppelbrechung schließen; wenn aber diese existiert, so muß erst recht eine einfache Brechung vorhanden sein. Eine solche ließ sich mit Hilfe eines Quarzprismas in der Tat nachweisen. Die Funkenstrecke mußte bei Zwischenstellung des Primas seitlich verschoben werden; die Strahlen wurden ebenso abgelenkt wie gewöhnliche Lichtstrahlen. Der Brechungsexponent für Quarz war nahe an 2, doch dürfte wohl ein ganzes Spektrum existieren. Ebenso ließen sich die Strahlen durch eine Linse aus Quarz oder Terpentinöl (im Horngefäß) konzentrieren. Man erhielt dabei ein durch große Helligkeit des kleinen Funkens charakterisiertes Bild der Antikathode. Von diesem Bilde wurde durch eine polierte Glasplatte ein deutliches Spiegelbild erzeugt; eine matte Glasplatte ließ auch eine diffuse Reflexion erkennen.

Die letzteren Versuche sind es, die dem Verf. die Überzeugung beibrachten, daß die von ihm beobachteten Strahlen nicht mit den Röntgenstrahlen identisch sein können, da diese niemals Reflexion und Brechung zeigten. Der kleine Funken muß also eine neue Art von Strahlen enthüllen, die von einer Entladungsröhre ausgehen: diese Strahlen durchdringen schwarzes Papier, Aluminium, Holz u. s. w., sind bei ihrem Austritt polarisiert, zeigen Reflexion, Brechung, elliptische Polarisation. Wenn bei Verringerung der Stromstärke die Entladungsröhre keine Fluoreszenz mehr zeigt, sie überhaupt im Dunkeln ganz unsichtbar ist, so erhält man die neuen Strahlen auch noch, wenn auch schwächer.

Die Tatsache, daß ein Teil der aus einer Röntgenröhre austretenden Strahlung polarisiert ist, wurde von R. v. Lieben auf ganz anderem Wege bestätigt (*Phys. Zeitschr. 469; 1903*). Fallen Röntgenstrahlen auf eine im Vakuum befindliche Metallfläche, so gehen von dieser neue Strahlen aus, die zum Teil, den Kathodenstrahlen gleich, negative Ladungen mit sich führen, zum Teil einfache Sekundärstrahlen sind; erstere werden vom Magneten abgelenkt, letztere nicht (vgl. *d. Zeitschr. XIV 38*). v. Lieben ließ die Strahlen der Röntgenröhre unter einem Winkel auf eine in einem Vakuumrohr befindliche Quecksilberfläche fallen; die von dieser dann ausgehenden beiden Strahlengruppen passierten zwei Bleispalte und trafen auf eine photographische Platte; durch einen Hufeisenmagneten wurden die Kathodenstrahlen abgelenkt, und so erhielt man auf der Platte zwei Spaltbilder, von denen das von den „Sekundärstrahlen" erzeugte scharf begrenzt, das von den inhomogenen „Kathodenstrahlen" gebildete verbreitert war. Es zeigte sich zunächst, daß die Schwärzung der Platte durch die „Kathodenstrahlen" mit dem Einfallswinkel erheblich zunahm, was bei der Sekundärstrahlung nicht der Fall war. Dagegen war die durch die Sekundärstrahlen veranlaßte Schwärzung immer dann etwas stärker, wenn die von Blondlot definierte Aktionsebene senkrecht zu der Spiegelfläche lag. Die von der Spiegelfläche ausgehenden „Kathodenstrahlen" zeigten bei sehr harten Röhren keinen Unterschied; bei weichen Röhren trat aber auch hier bei jener Stellung der Aktionsebene maximale Schwärzung ein. Die Versuche zeigten also jedenfalls, daß ein Teil der aus der Röntgenröhre austretenden Strahlung polarisiert sein muß.

Die Ähnlichkeit zwischen den auf den Funken wirkenden dunklen Strahlen und den gewöhnlichen Lichtstrahlen legten Blondlot den Gedanken nahe, daß seine Methode sich wohl auch zum Nachweis der Polarisation von Lichtstrahlen eignen würde. Um dieses zu untersuchen, setzte er an die Stelle der Fokusröhre einen zwischen Aluminiumspitzen überspringenden Induktionsfunken, dessen Licht durch Reflexion an einer Glasplatte polarisiert wurde; die Polarisationsebene wurde vertikal gestellt. Das polarisierte Lichtbündel passierte die 2 cm weite Öffnung einer Zinkscheibe und eine parallel zur Achse geschnittene, schwach versilberte Quarzplatte und traf dann auf einen in derselben Weise wie vorhin erzeugten kleinen elektrischen Funken. Die Silberschicht der Quarzplatte läßt die kurzwelligen Strahlen hindurch, verhindert aber, daß man von dem polarisierten Lichtbündel geblendet wird. Stand der kleine Funke horizontal, so wurde er durch Bestrahlung mit dem polarisierten Licht hell und weiß, bei Abblendung desselben schwach und rötlich; stand der Funke vertikal, so wurde seine Intensität durch Bestrahlung in keiner Weise beeinflußt. Auch die übrigen Erscheinungen waren mit gewöhnlichen polarisiertem Licht genau dieselben wie mit den aus der Röhre kommenden Strahlen; der Funke erwies sich mithin auch als Analysator für kurzwellige Lichtstrahlen. Drehte man vermittelst

eines senkrecht zur Achse geschnittenen Quarzes die Polarisationsebene des Strahlenbündels, so folgten die Azimute des Maximums und Minimums dieser Drehung; durch einen zirkular polarisierenden Quarz blieb die Helligkeit des Funkens in allen Lagen dieselbe.

Es gibt also auch eine Aktionsebene des gewöhnlichen polarisierten Lichts auf den kleinen Funken und zwar steht diese Ebene zur Polarisationsebene senkrecht. Da die aus der Entladungsröhre kommenden neuen Strahlen jedenfalls durch elektrische Schwingungen innerhalb der Aktionsebene veranlaßt werden dürften, so würde sich bei Annahme der elektromagnetischen Lichttheorie ergeben, daß in einem polarisierten Lichtstrahl die elektrische Schwingung senkrecht zur Polarisationsebene steht: das entspricht der Theorie von Wiener. Bei Annahme der Ätherwellentheorie würde man ebenso schließen müssen, daß die Schwingungen eines polarisierten Lichtstrahls senkrecht zur Polarisationsebene erfolgen, was der Fresnelschen Theorie entspricht.

Der erwähnte hohe Brechungsexponent 2 der von der Fokusröhre ausgehenden Strahlen für Quarz legte Blondlot einen Vergleich mit den von Rubens entdeckten Reststrahlen des Steinsalzes nahe, deren Brechungsindex für Quarz 2,18 ist. Da Rubens diese Strahlen in der Emission eines Auerbrenners fand, so untersuchte auch Blondlot mit seiner Methode die Strahlung des Auerbrenners. Der Brenner befand sich in einer rings geschlossenen Laterne von Eisenblech, die nur einen mit einem Aluminiumblatt von 0,1 mm Dicke verschlossenen Spalt enthielt. Vor das Aluminiumblatt wurde eine Quarzlinse von 12 cm Brennweite für gelbes Licht gestellt. War die Entfernung der Linse vom Spalt 26,5 cm, so konstatierte man mit Hilfe des kleinen Funkens mit großer Schärfe in 13,9 cm Entfernung einen Brennpunkt. Die Helligkeit des Funkens war hier erheblich größer als dicht daneben, sodaß die Brennweite bis auf 3 oder 4 mm sich bestimmen ließ. Der sich hieraus ergebende Brechungsexponent für Quarz war 2,93, bei einer andern Linse 2,942. Bei weiteren Versuchen fand der Verf. auch noch Strahlen, deren Brechungsexponenten für Quarz 2,62; 2,436; 2,29 waren. Die so von einem Auerbrenner durch ein Aluminiumblatt hindurchgesandten Strahlen wurden von einer polierten Glasplatte regelmäßig, von einer matten Glasplatte diffus reflektiert. Die Strahlen durchdrangen Stanniol, dünne Blättchen der meisten Metalle, Glimmer von 0,15 mm, Kalkspat von 4 mm, Paraffin von 1 cm, Hartgummi von 1 mm Dicke u. s. w. Steinsalz, Wasser, Blei und Platin waren dagegen für die Strahlen undurchlässig. Ein völlig durchlässiges Blatt Zigarettenpapier wurde vollständig undurchlässig, wenn es mit Wasser getränkt war. Die Durchlässigkeit von Metallen und anderen Stoffen stellt die Strahlen in Gegensatz zu den Rubensschen Strahlen, die jene Durchdringungsfähigkeit nicht besitzen.

Indem Blondlot auch andere Lichtquellen mit derselben Methode untersuchte, fand er, daß die Emission jener Strahlen eine sehr allgemeine Erscheinung ist. Die Strahlen fanden sich ebenso in einem Gasrundbrenner und in einem rotglühend gemachten Metallblech. Wurde z. B. eine polierte Silberplatte, die unter 45° gegen die Horizontalebene geneigt war, von einer Bunsenflamme erhitzt, so sandte ihre obere Fläche jene Strahlen aus, die durch schwazes Papier, durch Aluminium von 0,3 *mm* Dicke u. s. w. hindurchgingen; ein horizontales Bündel dieser Strahlen wurde durch eine Quarzlinse auf den kleinen Funken vereinigt und ergab dabei 4 verschiedene Brennregionen. Die Wirkung auf den Funken war größer, wenn dieser vertikal, als wenn er horizontal stand: die Strahlen waren also auch polarisiert. Wurde die Silberplatte mit Ruß überzogen, so war die Intensität der Emission größer, aber die Polarisation verschwand.

Blondlot schlägt vor, die von ihm entdeckten neuen Strahlen nach der Universität Nancy, wo die Versuche angestellt wurden, n-Strahlen zu nennen. Die n-Strahlen zeigen große Mannigfaltigkeit. Während der Brechungsexponent des Quarz für die von einem Auerbrenner ausgesandten n-Strahlen größer als 2 ist, gibt es unter den von einer Crookesschen Röhre ausgehenden Strahlen, wie mit einem Quarzprisma festgestellt wurde, sehr verschiedene Arten, darunter auch solche, deren Brechungsexponent für Quarz kleiner als 1,52 ist.

Blondlot prüfte weiter, ob der Nachweis der n-Strahlen nur mit Hilfe des kleinen elektrischen Funkens möglich sei; dabei stellte sich heraus, daß eine kleine Gasflamme

auf die Strahlen ebenfalls reagiert. Die kleine, ganz blaue Flamme wurde erzeugt am Ende einer Metallröhre, die von einer sehr feinen Öffnung durchbohrt war. Sobald die n-Strahlen auf sie gerichtet wurden, wurde sie heller und weißer. Hinter der Quarzlinse zeigten sich auch hier 4 Brennpunkte an denselben Stellen wie bei der vorigen Versuchsanordnung. Die kleine Flamme verhält sich also genau so wie der kleine Funke, nur daß er keine Polarisation nachweisen läßt. Die Beobachtung der Flamme wie des Funkens wird noch leichter, wenn man beide durch eine matte Glasplatte hindurch betrachtet. Die Wirkung eines Licht aussendenden Körpers oder einer Flamme auf eine andere dürfte hiernach eine ganz allgemeine Erscheinung sein, die nur bei gewöhnlichen Lichtstrahlen wegen der übergroßen Helligkeit der Strahlenquelle nicht zu beobachten ist.

Die n-Strahlen erregen keine Phosphoreszenz. Wird aber ein Körper wie Schwefelkalzium, der durch Insolation phosphoreszierend gemacht war, den Strahlen ausgesetzt, so wird die Intensität der Phosphoreszenz merklich vergrößert. Diese Wirkung der n-Strahlen, die besonders leicht zu beobachten ist, entspricht der Wirkung der roten und infraroten Strahlen auf phosphoreszierende Körper. Danach scheint die Verwandtschaft der n-Strahlen mit den Strahlen großer Wellenlänge festzustehen. Da sie sich andrerseits durch ihre Fähigkeit, Metalle zu durchdringen, von allen bekannten Strahlen unterscheiden, so ist es wahrscheinlich, daß sie in den fünf noch unerforschten Oktaven zwischen den Rubensschen Strahlen und den kürzesten elektrischen Wellen zu finden sind. *Schk.*

Die Überführung des Fluors in den festen Aggregatzustand und die Vereinigung von festem Fluor und flüssigem Wasserstoff bei — 252,5° C. Von H. Moissan und J. Dewar. In früheren Versuchen hatten die Verfasser gezeigt, daß das Fluor sich bei — 187° C. verflüssigt und daß dann seine chemische Verwandtschaft zu anderen Körpern nachläßt, so daß es sich beispielsweise nicht mehr mit Kohlenstoff, Silicium, Bor, Phosphor und Schwefel vereinigt, wohl aber noch auf erstarrtes Terpentinöl und auf Wasserstoff reagiert (vgl. d. Zeitschr. *X 309*). Inzwischen war es Dewar gelungen, den Wasserstoff in eine Flüssigkeit mit dem Siedepunkt — 252,5° C. oder 20,5° abs. überzuführen (*Proceed. XVI, 1, 1889*), und hatte Moissan gezeigt, daß reines, von Fluorwasserstoff ganz freies Fluor das Glas auch bei gewöhnlicher Temperatur nicht angreift (*Compt. rend. CXXIX p. 799, 1899*), so daß man beliebige Mengen des Gases in dünnwandigen Gefäßen der mächtigen Kältewirkung von verdunstendem flüssigen Wasserstoff aussetzen kann. Neuerdings brachten nun die Verff. ein mit Fluorgas gefülltes, verschlossenes Glasrohr zunächst in flüssigen Sauerstoff, ohne eine Kondensation zu erzielen; dann senkten sie es in ein doppelwandiges Gefäß mit flüssigem Wasserstoff und zwar erst nur in die Dämpfe. Es bildete sich bald gelbes flüssiges Fluor, das aber sofort wieder verdampfte, wenn man das Rohr etwas höher hob. Wurde es wieder gesenkt, bis sich von neuem die Flüssigkeit bildete, und dann ganz in den flüssigen Wasserstoff gesteckt, so wurde das Fluor fest, zeigte aber noch die gelbe Farbe. Als das Rohr lange genug darin belassen wurde, daß sich die enorm tiefe Temperatur von 20,5° abs. dem Ganzen mitteilen konnte, nahm das feste Fluor eine weiße Farbe an — ein weiteres Beispiel für die Erscheinung, daß gewisse Körper wie Chlor, Brom, Schwefel bei tiefen Temperaturen ihre Farbe verlieren und weiß werden. Als die Verff. das Rohr in flüssigen Stickstoff brachten, wurde eine gewisse Menge Fluor verflüssigt, aber ohne daß Erstarrung eintrat; diese zeigte sich auch nicht, als der Druck verringert und damit der Siedepunkt des Stickstoffs erniedrigt wurde. Auf diese Weise konnte festgestellt werden, daß das Fluor noch bei — 210° flüssig ist. Die relativen Schmelzpunkte von Sauerstoff und Fluor wurden folgendermaßen ermittelt: das untere Ende des mit Fluor gefüllten Rohres wurde in einen Zylinder mit flüssigem Sauerstoff gebracht und dieses System langsam in ein doppelwandiges Gefäß mit flüssigem Wasserstoff gesenkt; es erstarrte sowohl der Sauerstoff als auch das Fluor. Als der kleine Apparat wieder über das Niveau des flüssigen Wasserstoffs emporgehoben wurde, konnte man deutlich erkennen, daß sich zuerst langsam der Sauerstoff verflüssigte, während das Fluor noch fest blieb. Der Schmelzpunkt des Fluors liegt also nicht so tief wie der des Sauerstoffs, der konstant bei 38° abs. liegt. Aus mehrfach wiederholten Versuchen wurde geschlossen, daß

der Schmelzpunkt des Fluors nahe bei 40° abs. liege. — Es wurde nun noch über die Reaktionsfähigkeit des Fluors bei so tiefer Temperatur ein Versuch angestellt. Man nimmt im allgemeinen an, daß beim absoluten Nullpunkt die chemischen Elemente keine Affinität mehr äußern. Es war daher von Interesse zu untersuchen, ob das Fluor, das von allen chemischen Elementen die stärksten Affinitäten besitzt, bei einer Temperatur von — 252,5° C., bei der der Wasserstoff nur im flüssigen Zustande existiert, noch auf diesen unmittelbar einwirke, ohne Dazwischenkunft einer einleitenden Kraft. Zu diesem Zwecke verwendeten die Verff. ein dünnes Glasrohr mit etwa 40 cm³ gasförmigen, von Fluorwasserstoff gänzlich freien Fluors; letzteres wurde durch Eintauchen in etwa 100 cm³ flüssigen Wasserstoffs vollständig in festes Fluor verwandelt, das sich in dem eingetauchten Ende ansammelte. Als man annehmen konnte, daß sich die Temperaturen beider Stoffe ausgeglichen hatten, wurde das Rohrende, in dem sich das feste Fluor befand, mittelst einer stählernen Zange aufgebrochen und dadurch der Kontakt zwischen dem festen Fluor und dem flüssigen Wasserstoff hergestellt. Es erfolgte sofort eine starke Explosion unter so starker Wärmeentwicklung, daß die Masse erglühte und der Wasserstoff sich entzündete — sowohl die Fluorröhre wie das doppelwandige Gefäß des flüssigen Wasserstoffs waren zu Staub verwandelt. Der merkwürdige Versuch zeigt, daß, wenn es sich um so starke Reaktionen wie die von Fluor auf Wasserstoff handelt, sich bei nur 20° Entfernung vom absoluten Nullpunkt noch durchaus die chemische Affinität zu äußern vermag.

Die Überführung des Fluors in den festen Zustand reiht sich würdig den früheren Versuchen der Verfasser in dieser Richtung an; heutzutage ist das Helium das einzige Beispiel eines Gases, das noch nicht in den festen Aggregatzustand verwandelt ist. (*Compt. rend. T. CXXXVI, No. 11, p. 641, 1903*). O.

---

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Ptolemäus und Keppler. Prof. Wilhelm Foerster hat bereits früher in der Zeitschrift „Das Weltall“ (*II. Jahrg. 1901, Heft 1*) eine Ehrenrettung des Ptolemäus veröffentlicht, nachdem dessen Verdienste in derselben Zeitschrift (*I. Jahrg. Heft 23/24*) durch den um die Geschichte der Astronomie verdienten Prof. Friedr. Hultsch starke Anfechtung erfahren hatten. (Wie Hultsch auseinandersetzt, kommt das Verdienst der Aufstellung von Sehnentafeln — der Grundlage der späteren Sinustafeln — nicht dem Ptolemäus, sondern dem Hipparch zu, ebenso die Auffindung des gewöhnlich nach Ptolemäus benannten Lehrsatzes. Auch wird dem Ptolemäus eine unkritische Verwertung der Arbeiten seiner Vorgänger zum Vorwurf gemacht. (Man vgl. *Weltall II, Heft 4*). Nach W. Foerster müssen jedoch dem Ptolemäus zwei astronomische Leistungen ersten Ranges zuerkannt werden, nämlich 1. die Feststellung und mathematisch-rechnerische Darstellung des wichtigsten Gliedes der Störungswirkungen, welche die Sonne auf die Bewegung des Mondes ausübt, und 2. die sogenannte Zweiteilung der Exzentrizitäten der Planetenbahnen, ein weit über Hipparch hinausgehender Fortschritt der astronomischen Bewegungslehre.

Der letzteren Leistung widmet W. Foerster eine genauere Darstellung im *III. Jahrgang* (*Heft 1 und 2*) derselben Zeitschrift. Er erinnert daran, daß die jährliche Sonnenbahn als ein Kreis erscheint, auf welchem die vier Punkte, die den Äquinoktien und Solstitien entsprechen, um je 90° von einander entfernt sind. Jede der vier Jahreszeiten müßte demnach, bei gleichförmiger Bewegung der Sonne, genau den vierten Teil eines Jahres, also sehr nahe 91¼ Tag betragen. Man hat aber schon sehr früh bemerkt, daß die Abschnitte zu beiden Seiten des Sommersolstizes länger sind als die andern beiden. Schon in den ältesten Zeiten der griechischen Astronomie hat diese Anomalie das Nachdenken erregt, erst Hipparch aber (um 140 v. Chr.) hat das Problem wissenschaftlich bearbeitet. Zu seiner Zeit lagen zwischen Frühlingsäquinox und Sommersolstiz 94½ Tage, zwischen diesem und dem Herbstäquinox 92½ Tage, so daß der sommerliche Jahresabschnitt 187 Tage und somit der winterliche ca. 178 Tage umfaßte. Um diese Ungleichheit zu erklären, trug Hipparch kein Bedenken, die Lehre von der zentralen Stellung der Erde aufzugeben. Er behielt die Kreisgestalt der Sonnenbahn und die gleichförmige Bewegung der Sonne bei, verlegte aber den Ort der Erde

an einen exzentrisch gelegenen Punkt und zwar in einer Richtung, die zwischen die Stellung der Sonne im Wintersolstiz und im Herbstäquinox fiel. Die Größe der Exzentrizität bestimmte Hipparch auf nahezu $^1/_{25}$, also etwas mehr als das Doppelte der heut als elliptische Exzentrizität bezeichneten Größe.

Mit der Annahme des Hipparch war ein erster Schritt in der Richtung zur Erkenntnis der elliptischen Bahnen getan. Eine noch größere Annäherung an die elliptische Gestalt der Bahn aber war die folgende von Ptolemäus eingeführte Annahme: Die Bahn selber werde als eine Kreislinie angesehen. Auf entgegengesetzten Seiten ihres Mittelpunktes aber liegen auf einer geraden Linie ganz symmetrisch zu einander zwei andere für die Bewegung mitbestimmende Punkte, die Vertreter der beiden Brennpunkte der Ellipse. In dem einen dieser beiden Punkte befinde sich der Zentralkörper, der andere sei dagegen der Mittelpunkt gleichförmiger Winkelbewegung des Planeten in solcher Weise, daß die gerade Verbindungslinie dieses Punktes mit dem Planeten, dessen Bewegung in der Kreislinie an sich nicht gleichförmig vor sich geht, in gleichen Zeiten gleiche Winkel beschreibt. Man hat also in dieser Darstellungsform, außer mit der Kreislinie, mit drei Punkten zu tun: mit dem Mittelpunkte der Kreislinie, von welchem der Planet immer in demselben Abstande bleibt, sodann mit dem einen Brennpunkte, welcher der Mittelpunkt der gleichförmigen Winkelbewegung ist, und mit dem ihm symmetrisch gegenüberliegenden Punkte, in welchem sich nach der alten Auffassung die Erde befindet. Durch eine solche angenäherte Darstellungsform der Bewegung kann die Ortsveränderung der Sonne am Himmel so genau angegeben werden, daß bei richtiger Bestimmung der Exzentrizität die Fehler der Theorie nicht eine Bogenminute erreichen, somit für die Messungen mit unbewaffnetem Auge an der Grenze der Wahrnehmbarkeit liegen. Es wird hierbei auch klar, daß Hipparch bei seiner aus der Ungleichförmigkeit der beobachteten Winkelbewegung der Sonne abgeleiteten Ermittelung des Abstandes der Erde von dem Mittelpunkte einer als gleichförmig angenommenen Winkelbewegung der Sonne nahezu den doppelten Betrag der wirklichen Exzentrizität der Erdbahn-Ellipse finden mußte; denn er mußte dabei den Abstand der beiden Brennpunkte der Ellipse von einander, ungefähr im Verhältnis zum Halbmesser des Kreises ausgedrückt, finden, und dieser Zahlenwert betrug zur damaligen Zeit $^1/_{28}$, während ihm seine Beobachtungen $^1/_{25}$ ergaben.

Weder Hipparch noch Ptolemäus beruhigten sich indes bei der gefundenen Darstellungsform, sie bemühten sich vielmehr um den Nachweis, daß auch die Abstände der Sonne von der Erde sich im Laufe eines Jahres genau entsprechend der gefundenen Größe der Exzentrizität änderten. Es gelang ihnen jedoch trotz mancher sinnreicher Veranstaltungen nicht, an dem scheinbaren Durchmesser der Sonne Schwankungen nachzuweisen; in der Tat beträgt die ganze jährliche Schwankung nur wenig mehr als eine Minute, und diese Veränderung war für die damaligen Messungen mit bloßem Auge völlig unzugänglich, so lange man noch keinen Gebrauch von der Beobachtung des vergrößerten Sonnenbildchens in der Camera obscura machen konnte.

Es gelang dagegen dem Ptolemäus, das Gesetz der Abstandsänderungen der Sonne von der Erde auf einem andern Wege zu finden, nämlich aus den Veränderungen des Sehwinkels, unter dem sich eine viel größere Kreisgestalt als die Sonnenscheibe von der Erde aus gesehen darstellte. Dies war die Kreisbahn der Venus. Anscheinend beschrieb die Venus schon nach uralter Annahme, ebenso wie der Merkur, am Himmel eine geschlossene kreisförmige Bahn um die Sonne. Beim Merkur aber, der unter den altbekannten Planeten die am stärksten exzentrische Bahnform besitzt, bot es den sorgfältigeren Untersuchungen der griechischen Astronomen die größte Schwierigkeit anzunehmen, daß die Sonne der Mittelpunkt seiner Bahn sei. Man mußte vielmehr, um die sehr großen Schwankungen der Winkelbeträge zu erklären, unter welchen seine größten scheinbaren Abstände von der Sonne am Himmel von der Erde aus wahrgenommen wurden (zwischen 18° und 28°), sehr künstliche Annahmen über die Bewegungen des Mittelpunktes seiner Bahn machen. Hierdurch aber wurde man veranlaßt, Ähnliches auch bei der Venus anzunehmen, obgleich die Symmetrie der Stellungen dieses Planeten zur Sonne in den größten Abständen von der letzteren als

Morgen- und Abendstern eine ziemlich vollkommene ist. Man nahm also an, daß Venus um einen Mittelpunkt kreise, dessen Bewegung am Himmel nahezu mit derjenigen der Sonne zusammenfiel, dessen Bahn jedoch gesondert untersucht werden mußte. Natürlich fand man dann aus der Symmetrie der äußersten Abstände der Venus von der Sonne fast ganz genau dasselbe Exzentrizitätsgesetz der jährlichen Winkelbewegung dieses Mittelpunktes, wie bei der Sonne selber. Es ergab sich dabei auch, daß die jährliche Bewegung, welche der Mittelpunkt der Venusbahn um die Erde beschrieb, auch entsprechend ungleichförmig erfolgte, wie die Bewegung der Sonne. Man machte also auch die entsprechende Annahme, daß in gewissem Abstand von der Erde ein Punkt vorhanden war, von welchem aus diese Bewegung gleichförmig erschien, daß endlich der Abstand dieses Mittelpunktes der gleichförmigen Winkelbewegung von der Erde ungefähr in demselben Verhältnis zum Halbmesser der bezüglichen Kreisbahn stehe wie bei der Sonne.

Aber nun besaß man in den jeweilig von der Erde aus beobachteten Winkelbeträgen der größten Abstände der Venus von der Sonne oder von dem Mittelpunkte ihrer eigenen Bahn eben jenes viel empfindlichere Mittel, um auch die jährlichen Veränderungen der Abstände des letzteren Mittelpunktes von der Erde zu studieren. Der Halbmesser der Venusbahn erschien von der Erde aus durchschnittlich unter einem Winkel von nahezu 46°. In den Zeiten der größten Erdnähe des Mittelpunktes der Venusbahn mußte auf Grund der von Ptolemäus aus den Winkelbewegungen gefundenen Exzentrizität nach einer einfachen Rechnung jener Halbmesser um nahezu 2,4° größer, dagegen in der größten Erdferne um etwa 2,4° kleiner erscheinen, als der mittlere Betrag von 46°. Die größte Schwankung hätte also gemäß der einfachen Exzentrizitätstheorie des Hipparch nahezu 4,8° erreichen müssen. Ptolemäus fand aber, daß diese größte Schwankung nur etwas mehr als 2,5°, somit nur nahezu die Hälfte von demjenigen erreichte, was Hipparchs Exzentrizitätstheorie verlangt hätte. Hierdurch aber kam Ptolemäus auf den glücklichen Gedanken, daß er in der Mitte zwischen dem Zentralkörper und dem Mittelpunkte der gleichförmigen Winkelbewegung den Mittelpunkt der Abstände, also der wirklichen Kreislinie der Bewegung annahm oder, wie es damals ausgedrückt wurde, die Exzentrizität in zwei gleiche Teile teilte.

Ptolemäus verallgemeinerte zunächst jene Lehre von der Zweiteilung der Exzentrizität auch bei seiner Darstellung der Bewegungen von Mars, Jupiter und Saturn. Auch dort bewährte sich das Gesetz bei der Darstellung der Veränderlichkeit der Abstände jener Planeten von der Erde und der Sonne, nämlich bei der Darstellung der verschiedenen und veränderlichen Größen, unter welchen von jenen Planeten aus die Erdbahn erschien, und welche gleichzeitig perspektivisch in den komplizierten Formen der von der Erde aus gesehenen Bewegungen der Planeten erkennbar und meßbar waren.

Kopernikus ist an diesen Feinheiten der Planetentheorie des Ptolemäus ohne Vertiefung derselben vorbeigegangen, und erst dem noch tiefer eindringenden mathematischen Genie Kepplers gelang es, in jener von Ptolemäus entdeckten angenäherten Darstellung der Planetenbewegungen das darin verborgene Flächengesetz zu enthüllen. Ptolemäus hatte merkwürdigerweise seine Darstellung der Planetenbewegung nicht auf die Sonnenbahn angewandt, und zwar wohl deshalb nicht, weil eine genauere Darstellung hier durch die Beobachtungen nicht gefordert war. Dagegen war es für Keppler bei der Ausmessung der Gestalt der Marsbahn von Wichtigkeit, daß er auf Grund des ptolemäischen Prinzips eine möglichst richtige Voraussetzung über die Gestalt der Erdbahn und den Verlauf der Erdbewegung machen konnte. Diese Voraussetzung war ausreichend, da glücklicherweise die Exzentrizität der Marsbahn nahezu sechsmal so groß wie die der Erdbahn war. Somit ist in Kepplers Händen die Exzentrizitätstheorie des Ptolemäus die eigentliche Grundlage der neuen astronomischen Bewegungslehre geworden. *P.*

Justus von Liebigs hundertster Geburtstag. Zur hundertjährigen Wiederkehr von Liebigs Geburtstag (12. Mai 1803) liegen u. a. zwei ungemein anziehende Veröffentlichungen vor, die von nahen Verwandten Liebigs herrühren: Hans von Liebig entwirft in der *„Umschau“* (*Jahrg. VII, 1903, S. 381*) ein durch wertvolle neue Porträts geschmücktes Lebensbild

und G. F. Knapp, der Schwestersohn Liebigs, zeichnet ihn „nach dem Leben" in einem in der Festsitzung der Kgl. bayr. Akad. d. Wissensch. gehaltenen Vortrage, der in den *Ber. der D. Chem. Gesellsch.* (*XXXVI*, *7*, *S. 1315*) wiedergegeben ist. Wir müssen es uns versagen, auf diese Liebigs Persönlichkeit so lebensvoll schildernden Mitteilungen näher einzugehen, und können nur die wichtigsten Züge, besonders aus der Arbeit Hans von Liebigs, herausgreifen. — Schon frühzeitig trat in Liebig die Liebe zur Chemie hervor; so fesselten den Knaben bereits chemische Experimente, insbesondere mit Knallsilber, während es andrerseits auf dem Gymnasium mit ihm gar nicht vorwärts gehen wollte. Er brachte es dort nur bis zur Sekunda und kam dann zu einem Apotheker in die Lehre. Jedoch erreichte infolge einer Explosion in der Dachkammer, wo sich der angehende Apothekerlehrling zu später Stunde mit chemischen Versuchen beschäftigte, die festgesetzte Lehrzeit ein rasches Ende. Mit der Einwilligung seines Vaters, der ein Farben- und Materialgeschäft in Darmstadt innehatte, ging er nach Bonn zu Kästner, doch bald darauf nach Paris in das Thénardsche Laboratorium, wo er die Knallsäure entdeckte. Hierdurch wurde A. v. Humboldt auf ihn aufmerksam, der ihm einen Platz im Gay-Lussacschen Laboratorium auswirkte; Humboldt war es auch, der dem 21jährigen Studenten später eine außerordentliche Professur in Gießen verschaffte, wo Liebig nach zwei Jahren Ordinarius wurde. Vier nackte Wände wurden ihm als Arbeitsstätte angewiesen, aber bald sollten die Gießener Laboratorien Liebigs zu bedeutungsvollen Räumen werden: drei Wissenschaften, die organische Chemie, die Agrikultur- und die physiologische Chemie wurden dort geboren und ferner nahm eine durchgreifende Reform des Universitätsunterrichtes dort ihren Ausgang.

Es waren einfache Grundsätze, denen Liebig dabei folgte: Naturwissenschaft kann nicht vom Katheder herab gelehrt werden, sondern nur durch das vorgeführte und vom Lernenden selbst ausgeführte Experiment; der gesamte Schatz des Lehrers an Wissen, Methoden und praktischer Erfahrung soll auch Eigentum des Schülers sein; die Aneignung der allgemeinen Grundlagen einer Wissenschaft befähigt von selbst zur raschen Erfassung irgend welcher Einzelaufgaben derselben. Diese Sätze klingen uns heut selbstverständlich, damals waren es unerhörte Neuerungen. Ihre Durchführung wurde für den gesamten akademischen Unterricht, nicht minder aber auch für die Technik von weittragender Bedeutung. Liebig ließ den künftigen Brauer kein Bier brauen, den Gerber keine Felle gerben u. s. w., aber er lehrte sie wissenschaftlich denken und arbeiten, und mit dieser seiner Unterrichtsmethode schenkte er der deutschen chemischen Industrie das Werkzeug, das sie zur ersten der Welt gemacht hat. Die organische Chemie bereicherte er durch grundlegende Arbeiten, wie die über den Bau der organischen Säuren und über das „Radikal der Benzoesäure", welch letztere gemeinsam mit Wöhler ausgeführt wurde. Nur in einer Sache schien Liebig zu irren: in seiner Auffassung des Gärungsprozesses. Er hatte hier Pasteur zum Gegner und wollte es nicht gelten lassen, daß die lebende Hefezelle die Spaltung des Zuckermoleküls direkt bewirke. Knapp hebt mit Recht hervor, daß heute — wo die Forschungen der letzten Jahre erwiesen haben, die bloßen Ausscheidungsprodukte der Zellen (die Zymase) seien unabhängig von der Lebenstätigkeit derselben imstande, die Gärung hervorzurufen — die beiden großen Gegner sich in Freundschaft die Hände reichen könnten. Vom Jahre 1840 an kehrte Liebig der reinen Chemie mehr und mehr den Rücken. Er hatte das wilde Füllen „Organische Chemie" eingefangen und ihm durch die Erfindung des Kaliapparates einen Zaum angelegt; nun tummelten sich zu viele Reiter auf dem Pferd. Liebig fühlte sich überflüssig, sein Geist verlangte nach anderen Aufgaben. Seine nun folgende Reformation der Landwirtschaft, seine berühmte Beantwortung der Frage „Wovon nähren sich die Pflanzen" sind zu bekannt, um hier näher ausgeführt zu werden. Liebig hat dadurch, daß er zeigte, wie durch Ersatz der Mineralstoffe die Erschöpfung des Bodens vermieden werden könne, den Menschen aus dem Sklaven des Bodens zum Herrn desselben gemacht. Seine Lehren bewiesen, daß der Mensch durch Jahrtausende hindurch nur Raubwirtschaft getrieben hatte.

Das Problem der Pflanzenernährung zog das der Tierernährung nach sich. Auch die Umwälzung, die Liebig in der Tierphysiologie, insbesondere in der Ernährungslehre des

Menschen hervorrief, wie er durch seine Aufstellung der plastischen und wärmeliefernden Nahrungsmittel der Medizin ein neues fruchtbares Gebiet, die Diätetik, erschloß — das alles braucht hier nur noch einmal angedeutet zu werden. Diese großen Taten bezeichnen nicht nur einen Kulturfortschritt, sondern bedeuten mehr noch eine Bereicherung der philosophischen Welterkenntnis überhaupt. Liebigs Arbeiten und Anschauungen auf organischem Gebiet legten mehr als Wöhlers Harnstoffsynthese (die in Wirklichkeit von einem organischen Körper ausging) den Wall nieder, den man mit der vis vitalis um die Welt des Organischen gezogen hatte. Durch seine physiologischen Forschungen sind erst die Erscheinungen des organisierten lebenden Körpers wirklich erschlossen und ist die Erkenntnis gewonnen, daß im Reich des Organischen dieselben Gesetze gelten, wie im Reich des Unorganischen. Eine weitere große philosophische Tat war die Erkenntnis vom Kreislauf des Stoffes in der lebenden Welt. Wenn er zu den Sätzen vordrang, daß die Lebenstätigkeit im Tier wie in der Pflanze auf chemischen Prozessen beruht und die Kraftquelle hierfür die Sonne ist, so lag hierin schon die Lehre von der Erhaltung der Kraft eingeschlossen, die Robert Mayer nach dem Erscheinen der physiologischen Arbeiten Liebigs, wenn auch im selben Jahre aussprach. Und es zeugt ferner von dem Weitblick Liebigs, daß er Robert Mayers grundlegende Arbeit über jene Lehre in seine „Annalen der Chemie" aufnahm, nachdem sie von „Poggend. Annalen" zurückgewiesen worden war. In der Tat, auf Liebig paßt das Wort A. W. von Hofmanns, seines großen Schülers, daß „kein andrer Gelehrter der Menschheit ein größeres Vermächtnis hinterlassen hat". *O.*

---

4. Unterricht und Methode.

Biologie und Physik am Gymnasium. Herr B. Landsberg hat in der *Monatsschrift für höhere Schulen* (*1902 S. 692ff.*) einen Aufsatz über „Die Biologie auf den Oberklassen des Gymnasiums" veröffentlicht, dem F. Poske in derselben Zeitschrift (*1903 S. 274ff.*) eine Erwiderung unter dem Titel „Biologie und Physik am Gymnasium" hat folgen lassen. Da es sich dabei um die Lebensinteressen des physikalischen Unterrichts handelt, so wird ein Bericht darüber auch in unserer Zeitschrift am Platze sein.

Herr Landsberg vertritt den Standpunkt, daß die berechtigten Forderungen der Biologie bei der heutigen Lage der Dinge nicht durch Einfügung neuer Lehrstunden ihre Erfüllung finden können, und daß auch wahlfreie Vorträge über diesen Gegenstand, besonders aus Rücksicht auf die vermehrte Belastung der Schüler, nicht gutzuheißen seien. Man müsse vielmehr versuchen, biologische Belehrungen in größerem Umfange als bisher in den Physikunterricht einzufügen. Er hält es für methodisch empfehlenswert, schon auf der Unterstufe die einzelnen Fragestellungen geradezu an biologische Tatsachen anzuknüpfen, z. B. das Parallelogramm der Kräfte an die Druckverteilung beim menschlichen Skelett, die Lehre vom Luftdruck an die Erscheinung des im Hüftgelenk hängenden Oberschenkelknochens u. a. m. In dem Chemiekursus der U II (der meist nicht mehr als ein Semester umfaßt) soll eine „geringe" Erweiterung des Lehrpensums eintreten, um zu dem elementarsten Verständnis der Ernährungs- und Stoffwechselvorgänge zu gelangen. Diese Erweiterung soll umfassen: Erkennen, was ein Alkohol und eine organische Säure ist; Fette als Verbindungen des Glyzerins mit den Radikalen der Fettsäuren, Kettenbildung der Kohlenstoffatome, Kohlehydrate, Zellulose, Eiweißstoffe (allerdings ohne Formeln), Gärungserscheinungen, vergleichende Betrachtung der Ernährung bei den verschiedenen Tiertypen, tierischer Stoffwechsel, Kreislauf der Kohlensäure und des Stickstoffs! —

Gegen die obigen physikalischen Vorschläge erhebt Poske in methodischer Hinsicht den Einwand, daß ein Verständnis der durchweg komplizierteren biologischen Erscheinungen erst dann zu erwarten sei, wenn die entsprechenden physikalischen Verhältnisse an den einfachsten Vorrichtungen klargelegt seien. Erst dann sei es möglich, in dem zusammengesetzten Gebilde das einfache Schema als das Wesentliche zu erkennen. Andrerseits werde wohl kein Physiklehrer versäumen, bei passender Gelegenheit auf die entsprechenden biologischen Erscheinungen hinzuweisen. Nur werde jede Illusion fernbleiben müssen, als ob

damit bereits den Forderungen der Biologie genügt werden könnte. Vielmehr müsse sogar gegen jede stärkere Berücksichtigung der Biologie innerhalb des physikalischen Unterrichts Einspruch erhoben werden, da diesem ohnehin nur die knappste Zeit zur Erfüllung seiner Aufgaben zugemessen sei. Die empfohlene Erweiterung des chemischen Pensums aber sei nur denkbar, wenn jeder Rest methodischer Behandlung, sofern ein solcher bisher überhaupt noch festgehalten werden konnte, preisgegeben werde. Es sei schon jetzt trotz alles Hastens nicht einmal möglich, auch nur die für das tägliche Leben wichtigsten anorganischen Stoffe zu behandeln. —

Auf der Oberstufe ist bekanntlich von den Lehrplänen unter gewissen Voraussetzungen ein physiologischer Kursus (am zweckmäßigsten in U I) angeordnet worden. Herr Landsberg will diesen Kursus zu einem biologischen erweitern, für den die Nerven- und Sinnesphysiologie des Menschen den Konzentrationspunkt darstellt. „Es müßte gezeigt werden, wie in den Typen des Tierreichs zuerst die zu allen Lebensfunktionen fähige Zelle der Protozoen auftritt, dann die Nervenmuskelzelle der Coelenteraten, hier aber auch schon eigentliche Nervenzellen und Nervenfasern, und wie dann zentrale Nervensysteme in immer größerer Vollkommenheit und Komplikation in den höheren Tierkreisen sich finden. Dieser Kursus müßte sich das Ziel setzen, die empirischen Grundlagen der modernen Psychologie zur Darstellung zu bringen". Endlich soll in einem vereinigten propädeutischen Philosophie- und Physiologiekursus auch eine geschichtlich-kritische Darstellung der Lehre von der Entwickelung der Arten Platz finden.

Den Wert und die Wichtigkeit solcher Belehrungen erkennt F. Poske durchaus an. Aber am Gymnasium reiche die zugemessene Zeit eben nur hin, die physikalischen Grundlagen zu schaffen, auf denen sich ein propädeutisch-philosophischer Kursus aufzubauen vermöchte. Die Freunde des Gymnasiums müßten es sich mit schmerzlichem Bedauern eingestehn, daß es unter den heutigen Verhältnissen weder nach der biologischen, noch nach der propädeutisch-philosophischen Seite hin möglich sei, den Schülern das zu bieten, was ihnen doch, nicht vom Standpunkte bloßen fachwissenschaftlichen Interesses, sondern vom Standpunkte höchster und allgemeinster menschlicher Bildung aus aufs innigste zu wünschen sei. Es sei besser, diese Lücke im Lehrplan des Gymnasiums klar und offen anzuerkennen, als sie durch unausführbare Ausgleichsversuche oder eine allzu optimistische Darstellung zu verdecken. Die einzige Möglichkeit, den Gymnasiasten gewisse biologische Kenntnisse zuzuführen, bestehe — abgesehen von den hier und da vorhandenen Schülervereinen — in fakultativ abzuhaltenden Vorträgen, wie sie schon Schwalbe für einen ähnlichen Zweck (die hygienische Belehrung) vorgeschlagen hat.

In der Versammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften zu Breslau (2.—6. Juni 1903) kam die Frage ebenfalls zur Erörterung. Landsberg hielt es für angängig, auf der Oberstufe Akustik und Optik auf die U I zu verlegen und eine Wochenstunde des Winterhalbjahres der Physiologie zu überweisen. Poske erklärte, dies sei nur dann zulässig, wenn der Physiker zugleich Biologe sei, in solchem Falle entspreche es dem Prinzip der erfreulicherweise von der Unterrichtsverwaltung gewährten Freiheit, daß die Möglichkeit einer Berücksichtigung der Biologie zugestanden werde; keinesfalls aber dürfe der Physiker gezwungen werden, eine Wochenstunde an den Biologen abzugeben, dies würde eben jenem freiheitlichen Geist der Lehrpläne entgegen sein; und es würde dadurch der physikalische Unterricht, der die Grundlage für alles tiefere Naturverständnis bilde, aufs ernstlichste geschädigt werden. Daß diese Überzeugung auch auf biologischer Seite geteilt wird, ist nach den vom Ref. in Breslau gemachten Erfahrungen nicht zweifelhaft. *P.*

5. *Technik und mechanische Praxis.*

Elektrische Hochspannungsanlagen. Zur Erzeugung hochgespannter Elektrizität kannte man in den Elektrisiermaschinen nur Vorrichtungen, welche geringe Energiemengen um-

zusetzen gestatteten; die ersten Hochspannungsgeneratoren für wesentlich größere Leistung als jene waren die von Davy (1808) und Gassiot benutzten Hochspannungsbatterien von $\sim$2000 ÷ 2500 Volt. Rühmkorff, dem schon 1851 die Herstellung eines Induktoriums für 2 cm, 1860 bereits die eines solchen für 40 cm Schlagweite gelang, lehrte damit „galvanische“ Elektrizität von hoher Spannung, allerdings wechselnder Richtung zu erzeugen, andererseits konnte man mit den vielplattigen Influenzmaschinen von Toepler und Holtz (1865) bei hoher Spannung auch merkliche Stromeffekte erhalten. Noch kräftiger wirkten in Reihe geschaltete Sekundärelemente in Verbindung mit einer rheostatischen Maschine (Planté 1859 ÷ 79). Die Einführung der elektrischen Beleuchtung veranlaßte nun, daß man, um immer mehr Lampen in einen Stromkreis schalten zu können, dynamoelektrische Maschinen von steigender Spannung baute; so entstanden die sog. Bogenlichtmaschinen für 20, 50, ja 120 Lampen in Reihe mit entsprechend 1000, 2500 und 6000 Volt. Einige von diesen, wie die von Brush (1878) und Thomson-Houston (1879) besitzen offene Wickelung mit einfachem Kommutator; die übrigen dagegen sind Maschinen mit geschlossener Wickelung und vielteiligem Kollektor. Je höher nun die Maschinenspannung, um so höher auch die Spannung zwischen zwei benachbarten Segmenten, demnach um so größer die Gefahr des Überschlagens, und so ließ zur möglichsten Verringerung dieser Hurmuzescu (1895) eine Maschine für 4000 Volt, 2 Amp. mit 4 gleichen Ankern auf derselben Welle bauen, welche in Reihe geschaltet und mit gesonderten Kollektoren von je 160 Segmenten versehen waren; andrerseits hat Crocker (1893) eine 5 PS. Maschine für 11 000 Volt gebaut, die nur einen Kollektor mit 108 Segmenten besaß, und neuerdings (1902) hat Thury in Genf (Comp. de l'Ind. Electr. et Méc.) eine Maschine für 22 000 Volt bei 1,5 Amp. mit nur 96 Segmenten hergestellt *(vergl. E.T.Z. 23, 1039, Fig. 38, 1902)*, welche eine Innenpolmaschine mit feststehendem Anker nebst Kollektor und umlaufendem Zweipolmagneten ist, wobei zwischen die Segmente geschaltete Kondensatoren und aus Ebonitdüsen auf die hintere Bürstenkante treffende Preßluft das Feuern verhindern sollen. 1879 ÷ 80 bauten Warren de la Rue und Müller eine Batterie von 14 400 Chlorsilberelementen; ganz ähnliche Versuche wie Planté stellte J. Trowbridge (1897) an unter Benutzung von 10 000 Akkumulatoren entsprechend 20 000 Volt; durch Verbindung dieser Batterie mit einer etwas geänderten rheostatischen Maschine von 60 Platten gelang es ihm, Funken von 122 cm Länge entsprechend 1 200 000 Volt zu erhalten. Bis zu gleicher Schlagweite hatte man zwar die Induktorien zum Betriebe durch Elemente auch schon gebaut (Spottiswood-Apps), für praktische Verwendung in größerem Maßstabe waren sie erst in abgeänderter Form als Transformatoren oder „Umsetzer“ brauchbar, die Wechselstrom erforderten, aber es ermöglichten, die Maschinenspannung niedrig zu halten (Gaulard und Gibbs 1883). Die ersten Wechselstrommaschinen für die Technik baute Gramme (1877) [zum Betriebe der elektrischen Kerzen], und zwar waren dies de facto schon Mehrphasengeneratoren mit feststehendem Anker. 1886 wurden von Ferranti aus besonderen Gründen Maschinen für 10 000 Volt bei 100 Amp. in Deptford aufgestellt, meist baute man jedoch die Maschinen für 2000 ÷ 5000 Volt und bediente sich zur Erzeugung der Hochspannung der eine sicherere Isolation gestattenden Umsetzer, die auch in immer gewaltigerer Größe gebaut wurden; so machte 1898 die Cataract Const. Co. am Niagara Versuche mit einem Transformator für 100 000 Volt bei 30 K.W. (von Westinghouse, Pittsburg) dessen Sekundärwickelung aus 4 gleichen verschieden zu schaltenden Teilen bestand, und für die Zentrale Butte in Montana hat die General Electric Co. gar einen solchen für 330 K.W. und 80 000 Volt gebaut, der mit 97 % Wirkungsgrad arbeitete. Auch bei Gleichstrom kann man in ganz ähnlicher Weise die Spannung durch Motorgeneratoren oder „Umformer“ erhöhen oder erniedrigen, d. h. durch mit einer Maschine ein Ganzes bildende Motoren. [Diese lassen sich leicht zu sog. polymorphen Generatoren ausgestalten, d. h. solchen, welche beliebig mechanische Arbeit in jede Stromart und jede Stromart in jede andere oder in mechanische Arbeit umzuwandeln gestatten.]

Der erste, welcher, die Vorteile solcher Hochspannung für die Übertragung von Energie auf weite Entfernung erkennend, dies aussprach, war Marcel Deprez (1881). Seine

ersten Versuche in München-Miesbach (57 km) nahmen wegen Defektes der Primärmaschine ein vorzeitiges Ende; spätere in Creil-Paris, wo 300 PS. mit 50% Wirkungsgrad bei 7500 Volt übertragen werden sollten, gelangen nicht nach Wunsch und erst 1886 lieferte H. Fontaine den vollen Beweis für die Ausführbarkeit, indem er unter Anwendung der Gleichstrom-reihenschaltung primär 4 Maschinen für je 1500 Volt und sekundär 3 Motoren anwandte und damit von 96 PS. rund 50 nutzbar machte. 1882 errichtete Ferranti in Deptford eine Centrale für 10 000 Volt, bei der sich aber infolge mangelnder Erfahrung allerlei Übelstände zeigten; 1884 machten Gaulard und Gibbs die erste Anlage mit Transformatoren in Turin-Lanzo, doch erhielt erst durch die vollständig gelungene Übertragung Lauffen-Frankfurt a. M. (1891) auf 175 km bei 20 000 Volt mit 75% Wirkungsgrad die Frage der Fernübertragung erhöhte Bedeutung.

Bei all solchen Anlagen, wie sie im vorstehenden erwähnt, ist nun, je höher die Spannung, um so mehr neben den bei allen elektrischen Anlagen zu beachtenden auch den Erscheinungen besondere Aufmerksamkeit zu widmen, die früher im wesentlichen den Gegenstand der sog. „Reibungselektrizitäts-Lehre“ bildeten, da alle Störunngen wegen der beträchtlichen Energiemengen, um die es sich hierbei stets handelt, von den übelsten Folgen begleitet sein werden.

Jeder Gasstrecke zwischen zwei entgegengesetzt elektrischen Leitern entspricht ein bestimmtes Entladungspotential, bei dessen Vorhandensein ein Durchbruch des Gases erfolgt; dies verlangt einen um so größeren Abstand der Leitungen von einander, je höher die angewandte Spannung ist.

Bei gegebener Spannung hängt ferner das Entladungspotential auch ab von der Krümmung der Elektroden und ist um so kleiner, je geringer der Krümmungsradius; die nachstehende Tabelle gibt einige Mittelwerte für $r = 0{,}5$ *cm*.

Schlagweite mm	Spannung	Schlagweite mm	Spannung	Schlagweite mm	Spannung
2	8 400	5	17 100	8	23 100
3	11 700	6	19 200	9	24 600
4	14 700	7	21 300	10	25 800

Zweitens sinkt nach Einleitung der Entladung der Widerstand der Gasstrecke bedeutend infolge von Lichtbogenbildung, sodaß auch eine geringere als die Entladungsspannung die Entladung aufrecht zu erhalten vermag, demnach ist eine weitere Vergrößerung des gegenseitigen Abstandes erforderlich, um auch die Entstehung einer Entladung durch zwischen die Drähte geratende Fremdkörper wie Vögel u. dergl. tunlichst zu vermeiden; eine eigenartige Störung dieser Art veranlaßten einmal in St. Paul (V. St., N. A.) Schwärme kleiner Insekten (shad flies), die sich auf den wagerechten an der Eisenbahnbrücke über den St. Croix befestigten Trägern der 25 000 Volt-Leitung zwischen den Isolatoren niederließen und dort Kurzschlüsse verursachten, sodaß ein besonderer Wärter nötig war, um sie aufzuscheuchen (*Prometheus XII*, *797 + 798*, *1901*).

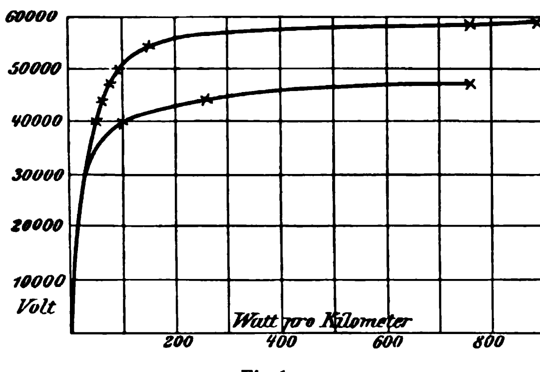


Fig. 1.

Sodann ist auch bei allen im Hochspannungskreis unvermeidlichen Schaltelementen die mögliche Lichtbogenbildung zu verhindern; wegen Nichtbeachtung dieses Umstandes ist z. B. die Grosvernor-Unterstation der Zentrale Deptford infolge Herausreißens eines falsch eingelegten Hochspannungsschalters vollkommen ausgebrannt.

Schließlich entstehen Verluste durch Sprünge in den Isolatoren, durch Anhäufung von Staub oder dergl. auf dem Gestänge, an den Isolatorenstützen, auf den Leitungen; welche Beträge diese Verluste erreichen können, zeigen Versuche von Scott an einer 3,5 km langen Freileitung in Telluride (Colorado) (*E. T. Z. XXIII, 1067, 1901*) bei Drahtabständen von 38 und 132 *cm* mit Spannungen von 40 ÷ 60000 Volt, deren Ergebnisse in Fig. 1 dargestellt sind und denen gemäß bei 80000 Volt rund 3895 K.W. f. d. *km* durch Ausstrahlungen verloren gehen würden. Sehr starke durch solche Isolationsfehler veranlaßte Büschel- und Bogenentladungen hat man u. a. an den Leitungen der Anlage Provo-Mercur Mills-Tentic in der Nähe des Großen Salzsees (Utah) beobachtet, wo die zeitweiligen starken Winde verbunden mit Nebel förmliche Salzinkrustationen der Gestänge erzeugen, die namentlich in den höher gelegenen Teilen der Leitung häufige, im Dunkeln prachtvoll aussehende Lichterscheinungen veranlassen; es handelt sich um 3 mit 40000 Volt betriebene Linien von 56, 89,6 und 112 *km* Länge aus je 3 Drähten in etwa 2 *m* Abstand voneinander und beginnen



Fig. 2.

oft gleichzeitig an einem Dutzend Säulen in rascher Aufeinanderfolge zischende Funken von den Isolatoren auszusprühen, bis sich durch Zusammentreffen der Ausstrahlungen zweier benachbarter Isolatoren unter lautem Gebrüll ein Lichtbogen bildet, der in Form einer oft 2 ÷ 2,5 *m* hohen Flamme aufsteigend das Verschwinden der Entladungen an den übrigen Säulen zur Folge hat, aber nach etwa 1 ÷ 2 Sek. abreißt, worauf das Spiel von neuem beginnt. Auf einer 3,2 *km* langen Strecke wurden einmal in 3½ Stunden 80 solche Störungen beobachtet (*Prometheus XIII, 631 ÷ 632, 1901*). Fig. 2 zeigt einen derartigen Bogen von 350 *mm* Polabstand bei 120000 Volt.

Auch die **Kapazität** solcher langen Freileitungen ist recht beträchtlich; Versuche von Scott an einer solchen von 166 *km* Länge in Provo ergaben eine scheinbare Belastung bei Leerlauf von 750 K.W.

Die erwähnten Schwierigkeiten haben nun zur Ausbildung besonderer **Hochspannungsapparate** geführt. Zur Isolation der Leitung benutzte man bei der Lauffen-Frankfurter Anlage „Ölisolatoren", d. h. Porzellanglocken, welche in ihrem nach innen umgebogenen Rande Öl enthielten; man ist jedoch davon ganz abgekommen und benutzt nur noch 3 ÷ 4 mantelige Trockenisolatoren mit hohem Kopf und schirmförmigem obersten Mantel. Der schlimmste Feind ist jedoch immer ein sich irgendwie bildender Lichtbogen,

der, wie schon erwähnt, bei den benutzten Spannungen eine gewaltige Länge haben kann, ehe er abreißt; ein solcher kann nun entstehen: 1. beim Ausschalten, 2. beim Durchschmelzen von Sicherungen, 3. bei Blitzschlägen an den Ableitern, 4. beim Durchbrennen von Leitungen oder Apparaten, 5. bei Kurzschlüssen. Nun ist der Lichtbogen sehr empfindlich gegen Luftströmungen wie auch magnetische Einflüsse, deshalb beruhen die meisten Konstruktionen von Apparaten für die Fälle unter 1. ÷ 3. darauf, durch Elektromagnete oder ein bei der Bogenbildung entstehendes Feld unter Zuhilfenahme aufsteigender Luftströme ein rasches selbsttätiges Abreißen des Lichtbogens hervorzurufen; vorbildlich hierfür ist der „Hörnerblitzableiter" von Siemens & Halske (1897) gewesen, Fig. 3, dessen Hörner einen Mindestabstand von 3 *mm* in bedeckten Räumen und 10 *mm* im Freien haben, der im übrigen pro 1000 Volt 1 *mm* beträgt (Nachrichten von Siemens & Halske IV, No. 36, 1900). Bei Schaltern sucht man jedoch in neuerer Zeit allgemeiner durch Einbetten in Öl die Lichtbogenbildung überhaupt zu verhindern, wie dies zuerst von der Ferranti Limited in Hollinwood 1894 versucht und im Juli 1895 in der Praxis (in London) angewendet worden ist.

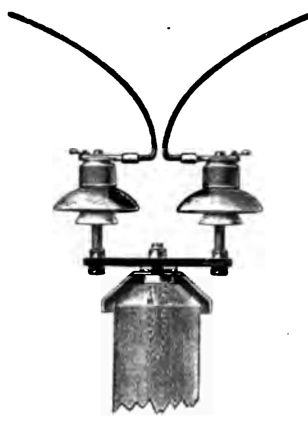


Fig. 3.

Infolge der erwähnten Vervollkommnungen ist nun seit der Fernübertragung Frankfurt-Lauffen im Jahre 1891 nicht nur die Zahl der eigentlichen „Hochspannungsanlagen" rasch gewachsen, sondern man ist bald an die Überbrückung ganz bedeutender Entfernungen mit Spannungen, welche die damals benutzte um ein Mehrfaches übertreffen, gegangen, wobei es sich vornehmlich um die Ausnutzung von Wasserkräften handelt. Nachstehend sind eine Anzahl solcher Anlagen zusammengestellt.

Bezeichnung der Anlagen	Leistung P S.	Entfernung *km*	Spannung	Stromart	Gefälle *m*
Tivoli-Rom (Italien)	2 000	28	5 000	Wechselstrom	110
Zufikon-Zürich (Schweiz)	∼ 1 300	20	5 000	Drehstrom	50
Rheinfelden	6 700	—	6 800	-	3÷5
Witwatersrand (Süd-Afrika) . . .	4 000	45	10 000	-	[Dampf]
Hochfelden-Örlikon (Schweiz) . .	600	24	13 000	-	—
Vizzola (Italien)	23 000	19	13 500	-	24÷28
Tranyfors a. Kolböck (Schweden) .	1 800	26	14 000	-	10
Adda-Mailand (Italien)	13 000	33	14 500	-	28
Whytney (Californien)	1 800	—	17 300	-	402
Niagara (Amerika)	50 000	—	20 000	-	50
Valtellina Bahn (Italien)	6 000	106	20 000	-	30
White River (Oregon)	1 400	43	20 000	-	35
St. Maurice-Lausanne (Schweiz) . .	5 000	55	22 000	Gleichstrom	36,45÷38,75
Volta (Californien)	4 500	—	22 000	Drehstrom	360
Lauffen-Frankfurt	300	175	25 000	-	—
Los Angeles (Californien)	∼ 4 000	128	33 000	-	222
Black Cañon-Butte (V. St. N. A.) .	10 000	104	50 000	-	9
Shawinigan-Montreal (Canada) . .	10 000	140	50 000	-	40
Colgate (Californien)	14 000	360	60 000	-	230
Elektra (Californien)	15 000	270	60 000	-	500

Wie ersichtlich, ist man in jeder Beziehung in Nord-Amerika bisher am weitesten gegangen und hat dort ganz gewaltige Gefällshöhen ausgenutzt, was nur durch das besonders dafür bestimmte Peltonrad möglich ist; dieses zeichnet sich durch die besondere Form seiner mit Mittelrippe versehenen Schaufeln aus, deren Krümmung senkrecht zur Ebene des Rades verläuft, und ergibt bei verhältnismäßig kleinen Abmessungen recht bedeutende Leistungen bei hohem Wirkungsgrad. Nachstehend einige bezügliche Angaben:

Raddurchmesser cm	Gefälle m	Umdrehungszahl in der Minute	Pferdestärken
15	150	3425	6
90	300	800	500
90	630	1150	1000
180	300	400	2000

Als Beispiel für eine „extreme“ Hochspannungsanlage sei nachstehend die ihren Strom 360 km weit nach San Francisco sendende Drehstromzentrale Colgate der Bay County and Standard Co. etwas näher besprochen, deren Schema Fig. 4 zeigt (*E. T. Z. XXIII, 862 ÷ 865, 1902*). Das mit 230 m Gefälle aus der Sierra Nevada kommende Wasser treibt mittels Peltonräder (1) von 3000 PS. Dreiphasenmaschinen (2) von 2300 Volt, welche je 3 in Sternschaltung mit geerdetem Nullpunkt verbundene Umsetzer (3) speisen. Die Regulierung der Turbinen kann wegen der sonst unvermeidlichen Rohrbrüche durch die Wasserstöße — Widderwirkung — nur durch Düsenverstellung geschehen; da die Tagesbelastung unter 50 % beträgt, so hat man mit Peltonrad und Pumpe gekuppelte Motoren aufgestellt, welche bei geringer Belastung mit Strom von der Hauptzentrale aus dem Oberwassergraben Wasser in den in 4 km Abstand 125 m über dem Wasserschloß der Zentrale liegenden Lake Frances pumpen, sonst von diesem aus durch die Peltonräder getrieben ebenfalls auf das Netz

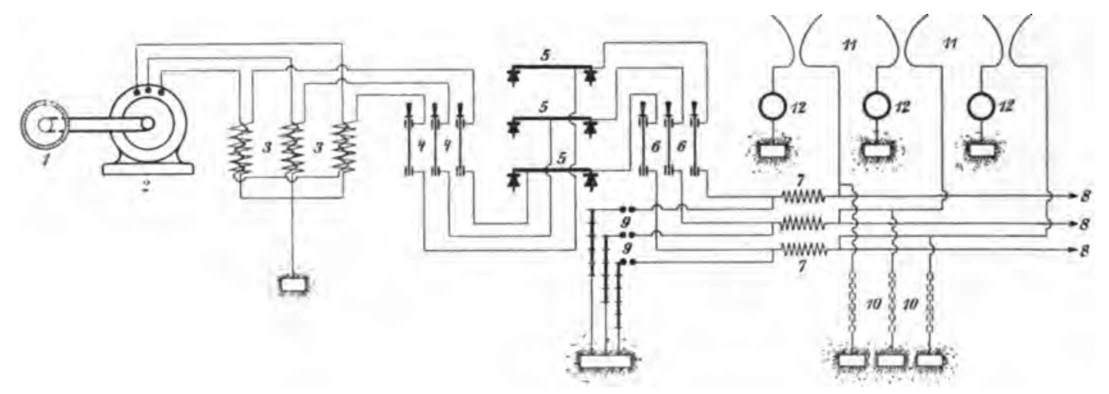


Fig. 4.

arbeiten. Von den Transformatoren (3) aus geht der Strom mit 60 000 Volt über die aus je 1 Haupthebel mit 2 Wasserkontakten und einem Hilfshebel mit eingezogenem Kabel bestehenden Sicherungsschalter (4), welche durch dreimantelige Glasisolatoren von der Erde und durch Marmorscheidewände von einander getrennt sind, zu den wagerecht nebeneinander auf Isolatoren ausgespannten Sammel-„schienen“ aus Hartkupferdraht (5), passiert sodann drei weitere Schalter (6), um über die Drosselspulen (7) in die Freileitungen (8) zu treten. Auf der Generatorenseite von (7) sind die aus Funkenstrecke und mit oxydiertem Metallstaub gefüllten Glasröhren bestehenden Entlader (9), Fig. 5, angeordnet zur Beseitigung von Störungen durch die bei normalen Schaltverrichtungen auftretenden Potentialerhöhungen, auf der Fernleitungsseite sind zweierlei Blitzschutzvorrichtungen angeschlossen: (10), je 192 App. in 6 Gruppen zu je 32 App. aus je 3 konzentrischen Zylindern mit 1,5 mm Luftzwischenraum, sodann (11) dem Siemensschen Hörnerblitzableiter nachgebildete Einrichtung in Reihe geschaltet mit Kohlewiderständen in mit Öl gefüllten Tontöpfen (12); die App. (7), (9) und (10) sind in einem besonderen „Blitzableiterhaus“ untergebracht, aus dem die Leitung durch Tonröhren von 60 cm Lichtweite ins Freie tritt. Es sind zwei getrennte Stromkreise in 15 m Abstand von einander angeordnet, aus Hartkupferdraht von 68 qmm (9,3 mm ⌀) bezw. Aluminiumkabel von 110 qmm mit einem Drahtabstand von 0,9 m; auf je 1,6 km ist eine Verdrehung um 120° mit 1,2 m Drahtabstand vorgenommen. Etwa 30 km von der Unterstation Oakland trifft die Leitung auf die 840 m breite Carquinez-Str., welche die 50 km weit nach Osten sich erstreckende Suisan Bay mit dem Golf von San Francisco verbindet

und, da Kabel ausgeschlossen, durch Luftleitungen in solcher Höhe zu überschreiten war, daß die Schiffahrt nicht behindert wird; diese Aufgabe ist gelöst durch Verwendung von 4 Stahldrahtkabeln von 22 mm Φ in 6 m gegenseitigem Abstand (: ⁚), welche von drei Gittertürmen von 19,5, 68,3 und 25,6 m Höhe in den bezüglichen Abständen von 1350 m und 430 m getragen werden und bei 70 m Durchhang in der Hauptspannung am tiefsten Punkt noch 62,8 m über dem Wasserspiegel sich befinden. Wegen der riesigen Zugbeanspruchung von 12 000 kg pro Kabel mußten die Abspannisolatoren aus Micanitzylindern, von Stahlklauen umfaßt und in ein Ölgefäß eingebaut, hergestellt, und die ganze Anordnung mußte außerdem auf großen Betonwiderlagern in besondere Behausungen eingeschlossen werden; auf den Türmen werden die Kabel durch überdachte Rollen auf je 6 Locke-Isolatoren getragen. Zur möglichsten Aufhebung der Ladungsströme (siehe oben) sind an geeigneten Stellen Induktionsspulen mit Ölisolation und Wasserkühlung in Sternschaltung mit geerdetem neutralen Punkt angeschlossen, Abzweigungen sind mittels in Öl gelagerter Bleisicherungen vorgenommen, zu deren Prüfung eine einseitig angeschlossene mit einer frei in der Luft hängenden Aluminiumplatte verbundene Geislerröhre dient, die jedoch wegen der zu geringen Lebensdauer von nur 300 Stunden bei Dauerbetrieb zweckmäßig durch ein „Blättchenelektroskop“ in Gestalt eines über die Leitung gehängten Stanniolstreifens ersetzt wird. Die Telephonleitung an demselben Gestänge besitzt gegen Erde eine Spannung von 2000 Volt, muß daher ebenfalls gut isoliert sein; man will mit der Zeit das Holzgestänge durch eiserne Gittermasten von 30 m Höhe in je 300 m Entfernung mit 4 m Drahtabstand ersetzen. Wie aus dem Gesagten ersichtlich, sind die Kosten einer solchen Anlage sehr erheblich, trotzdem haben sich diese auch bei scharfem Wettbewerb als recht einbringlich erwiesen.



Fig. 5.

Gestattet nun auch der Wechselstrom oder eine Verkettung mehrerer solcher gleicher Periode als Mehrphasen- oder Drehstrom in sehr bequemer Weise die Spannung nach Bedarf zu verändern, so läßt sich gleichwohl auch mit Gleichstrom sehr gut eine Hochspannungsfernübertragung einrichten; solche sind z. B. die Anlagen Combe Garront-Chaux de Fonds mit 14 000 Volt, Brescia mit 15 000 Volt und die unlängst (1902) in Betrieb genommene St. Maurice-Lausanne mit 22 000 Volt, deren Einrichtungen in nachstehendem einer kurzen Betrachtung unterzogen werden sollen (*E. T. Z. XXIII, 1001 ÷ 1005, 1016 ÷ 1021, 1038 ÷ 1042, 1902*). Das Werk gehört der Stadt Lausanne und liegt 55 km von dieser entfernt an der Rhône, welche das nötige Betriebswasser liefert; dasselbe reicht — bei 40 cbm i. d. Sek. — für 10 ÷ 15 000 PS., von denen vorerst nur 5000 ausgenutzt sind, wird der Zentrale durch einen 3300 m langen größtenteils als Tunnel ausgeführten Oberwasserkanal zugeführt, der in ein Bassin von 1400 cbm Inhalt — zur Erzielung gleichmäßigen Oberwasserspiegels mündet, und gelangt von hier aus durch Druckrohre mit einem Gefälle von 38,75 m im Winter bezw. 36,45 m bei Hochwasser zu 5 Francis-Turbinen von je 1000 PS. und 2 desgl. zu je 120 PS. (300 bezw. 750 Umdr. i. d. Min.) sämtlich mit wagerechter Achse (geliefert von Escher Wyss & Co.). Die drehbar an einer Brücke befestigten Rahmen für die Wehrschützen am Einlauf des Obergrabens, welche nur bei Mittel- und Niedrigwasser aufgestellt werden, lehnen sich, da wegen der gewaltigen Hochwassermengen jede das Flußbett beengende Konstruktion verboten war, gegen niedrige aus der glatt betonierten Flußsohle hervorragende Anschläge.

Das für die Übertragung verwendete System ist die, wie oben erwähnt, schon von Fontaine ausgeführte Gleichstromreihenschaltung; Fig. 6 gibt ein allgemeines Schema der Anlage. In der Zentrale befinden sich vorerst 4 Aggregate I ÷ IV, jedes bestehend aus einer Turbine (1) und 2 mit dieser unmittelbar gekuppelten 6-poligen Maschinen (2) und (3) für je 2250 Volt 150 Amp, die miteinander in Reihe geschaltet sind und durch die Umschalter (4) entweder mit der Fernleitung (5) verbunden oder unter Schluß der Fernleitungen in sich kurzgeschlossen werden können; jede Maschine ist außerdem noch mit einem selbsttätigen Kurzschließer versehen (nicht gezeichnet), jede Gruppe mit auf die vordere Maschine aufgebautem Volt- und Ampèremeter. An einem mit (4) übereinstimmenden Schalter (6) ist nun der für die ganze Anlage wichtigste Teil, der auf besonderer Säule aufgestellte **Regulator**, angeschlossen, bestehend aus den Widerständen (7), einem an diese angelegten Nebenschlußmotor (8) für 2,3 ÷ 2,4 Volt 50 ÷ 60 Amp. und einem Klinkwerk mit den Spulen (9), (10) und (11); vom Regulator geht eine leichte Stahlrohrwelle in Kugellagern zu den Turbinen, wo sie mechanisch durch lösbare Kupplungen mit den durch gepreßtes Öl betätigten Turbinenregulatoren verbunden ist. Je nachdem nun die Spannung zu hoch oder zu niedrig ist, bewirken (9) und

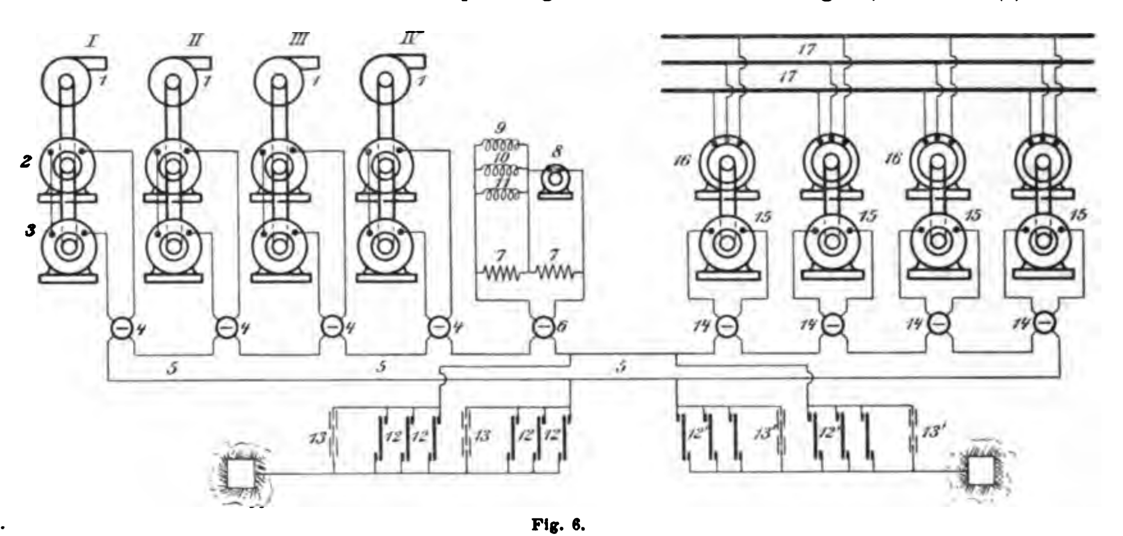


Fig. 6.

(10) durch entsprechenden Eingriff der Klinken Drehung der erwähnten Welle in einem oder anderem Sinne und damit **gleichzeitiges** Öffnen oder Schließen **aller** Turbinenregulatoren. Außer Haupt-Volt- und Ampèremeter folgen dann die auch hier für jeden Pol doppelt vorhandenen Blitzschutzvorrichtungen, nämlich je drei selbsttätige Hebelschalter mit Kohlekontakten (12), in Reihe mit $4 \times 50\,\Omega$ Kohlenwiderstand, ferner eine Zusammenstellung: ausschaltbare Porzellanröhre mit Pulver besonderer Mischung — Schmelzsicherung — kleine Funkenstrecke (13). [Man vergleiche damit den App. Fig. 5.] Beim Eintritt in die Unterstation zu Pierre de Plans durchläuft der Strom zunächst die gleichen Sicherheitsvorrichtungen (12') und (13'), sodann sind durch (4) ganz ähnliche nur durch Hilfskontakt mit Funkenlöscher vervollständigte Schalter (14) zunächst nur 4 Motoren (15) für je 2100 Volt (150 Amp.) bei 300 Umdr. angeschlossen, welche direkt mit den parallel auf die Sammelschienen (17) arbeitenden Drehstrommaschinen (16) gekuppelt sind. Die Motoren sind mit aufgebauten Geschwindigkeitsregulatoren versehen, welche durch Schnurlauf von der Hauptwelle betätigt von 0 ÷ 60% Belastung entsprechend 0 ÷ 1400 Volt durch **Bürstenverschiebung**, weiterhin durch **Änderung des Feldes** mittels eines der Feldwickelung parallel geschalteten Widerstandes wirken und die vorgeschriebene Umdrehungszahl bis auf $\pm 1^1/_2$ einzuhalten erlauben; außerdem sind sowohl Motor wie Generator jeder Gruppe mit *je* einem 3800 kg schweren Schwungrad von 2300 mm Durchmesser versehen.

Zur möglichst sicheren Isolierung sind zunächst sämtliche Anker nebst den Kollektoren von den Ankersternen durch dicke Glimmerlagen getrennt, die 6 einander parallel ge-

schalteten Schenkelspulen durch Papier isoliert, die Verbindungsleitungen blank auf Porzellan verlegt; ferner ist die ganze Maschine gegen Erde dadurch isoliert, daß die 16 sie in einigen cm Abstand vom Boden tragenden Bolzen in Dreifachglockenisolatoren eingegossen sind, welche, den Kopf nach unten, mit Zwischenlage von Asbest auf vertieft liegenden und bis fast zur Höhe des Isolatorenrandes mit Asphalt bedeckten Glasplatten von $3{,}5 \times 30 \times 30$ cm ruhen, sowie durch Verwendung isolierender Kupplungen. Die Leitungen zwischen den Maschinen bestehen aus für 25000 Volt garantiertem einadrigen Gummikabel; jedes Kabel ist für sich in ein Steingutrohr von 8 cm Lichtweite eingezogen und diese Rohre sind einzeln oder paarweise in mindestens 15 cm Achsenabstand in Kanälen von mindestens 30×30 cm von Asphaltbeton umgossen verlegt. Der ganze Maschinenhausfußboden ist 3 cm hoch mit Asphaltbeton, darüber 1,5 cm hoch mit reinem Asphalt bedeckt und ferner sind um die Fundamentplatten Sockel von 20 cm Höhe aus Asphaltbeton hergestellt; auch die Schutzgitter um die Kupplungen sind isoliert. Die Fernleitung ist auf 1600 Holzmasten befestigt auf Doppelisolatoren, welche aus einem inneren einfachen und einem darauf gekitteten dreimanteligen bestehen. Die Isolation mußte vertragsmäßig mit 22000 Volt geprüft werden und diente dazu die in Fig. 1 abgebildete Maschine.

Die Bedienung der Anlage ist sehr einfach. Beim Einschalten öffnet man zunächst bei gelöster Verbindung mit dem Hauptregulator die Einströmung zur Turbine, bis das durch (4) in sich geschlossene Generatorpaar die vorgeschriebene Stromstärke von 150 Amp. zeigt (bei $\sim 6{,}83$ Umdr.), dann wird die Gruppe in die Reihe eingefügt und nun ihr Gang beschleunigt, wobei der Hauptregulator ((9) ÷ (11)) den Gang der übrigen etwa schon eingeschalteten Gruppen mäßigt. Sobald die Spannungen aller Gruppen gleich sind, wird der Turbinen- mit dem Hauptregulator gekuppelt. Das Einschalten der Motoren geschieht durch einfaches Umlegen der Schalter (14), wobei der Strom zunächst hauptsächlich durch zwei Kohlekontakte geht, welche unter Lichtbogenbildung auseinander gezogen werden. Das Ausschalten der Maschinen geschieht, indem man ihre Verbindung mit dem Hauptregulator löst und das Wasser abstellt; dann stellt sich die Maschine ganz allein still und schließt bei Stillstand selbsttätig sich und die Leitung kurz.

Welcher Stromart ist nun bei Fernübertragungen der Vorzug zu geben? — Diese Frage ist a priori nicht zu entscheiden, sondern es wird von den näheren Umständen im einzelnen Falle abhängen, ob man aus technischen und wirtschaftlichen Gründen Gleich- oder Wechselstrom vorzuziehen hat. Dem Wechselstrom ist die leichte Umsetzbarkeit der Spannung mittels ruhender Vorrichtungen eigen; dagegen besitzt aber die Gleichstromreihenschaltung in der beschriebenen Ausführung ebenfalls gewichtige Vorteile, zu denen auch der gehört, daß bei Versorgung einer Anzahl von Orten es möglich ist, mit einer Einfach-Ringleitung auszukommen, während bei Drehstrom unbedingt eine Dreifachleitung notwendig ist.

Zum Schlusse ist noch auf die Gefährlichkeit der Hochspannung für den Menschen hinzuweisen, bestehend einmal in den durch den Strom hervorgerufenen Lähmungserscheinungen und Veränderungen der Gewebe, sowie den durch zwischen Körper und Leitungen, bezw. Erde übergehenden Funken hervorgerufenen furchtbaren Verbrennungen. Bei niederen Spannungen bis etwa 500 Volt bei Gleich- und 200 Volt bei Wechselstrom hängt die Bösartigkeit der Wirkung außer von der relativen Empfindlichkeit des Individuums wesentlich davon ab, welche Organe bezw. Körperteile im Stromwege liegen. In neuester Zeit ist von Prof. N. Artemieff in Kiew ein Schutzanzug erfunden, der aus feinstem Metallgewebe auf Leinewand gearbeitet ist und den Körper vollkommen umschließt ohne das Arbeiten zu erschweren, und nicht nur schädliche Einflüsse von Ladungsströmen verhindert, sondern sogar einen Strom von 200 Amp. dauernd und von 600 Amp. für kurze Zeit aufzunehmen imstande ist. Der Anzug ist mit Spannungen bis zu 200000 Volt geprüft, und bei größerer Stromstärke tritt bei Lichtbogenbildung auch hier Verbrennung des Gewebes ein. Derartige Anzüge werden von Siemens & Halske in drei Größen hergestellt.

W. B. v. Czudnochowski.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

K. Koppes Grundrifs der Physik. Kurze Ausgabe der Anfangsgründe der Physik (Ausgabe B, Teil II: Hauptlehrgang). Bearbeitet von Prof. Dr. A. Husmann. Mit 252 in den Text gedruckten Holzschnitten und einer farbigen Sternkarte. Essen, G. D. Baedeker, 1902. VIII und 360 S. Geb. in Ganzleinen M 4,60.

Bei der wachsenden Fülle des physikalischen Stoffes ist eine Beschränkung des Umfanges der Lehrbücher eine immer von neuem zu erhebende Forderung: der verdienstvolle Bearbeiter der Koppeschen Lehrbücher hat dieser Forderung durch die Herausgabe des vorliegenden erheblich gekürzten Grundrisses zu genügen gesucht und überdies eine Umarbeitung wichtiger Kapitel vorgenommen, sodaß ein brauchbares und dem heutigen Stand der Didaktik im wesentlichen entsprechendes Buch entstanden ist. Weggelassen sind jedoch auch gewisse Tabellen, „die man in den gebräuchlichen Logarithmentafeln findet“, wie die Tabellen für die Kondensation der Gase, Psychrometer und dergl. Wir können dem nicht beistimmen, da die betr. Tafeln doch nicht überall eingeführt, und selbst wenn dies der Fall, nicht immer gerade zur Hand sein werden. Einer Revision bedürftig erscheint der historische Anhang. Auch die in diesem sich findende Formulierung des Energieprinzips — „das Wesen aller Kraft beruht in der Bewegung“ — ist unzutreffend.

Der zugehörige Vorbereitende Lehrgang der Ausgabe B (geb. M 2,20) ist gleichfalls vor kurzem in neuer Auflage (6) erschienen. Er enthält, wie so ziemlich alle Leitfäden für die Unterstufe, auf 223 Seiten bei weitem mehr Material, als auf dieser Stufe bewältigt werden kann. *P.*

Die Telegraphie ohne Draht. Von Augusto Righi und Bernhard Dessau. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1903. XI u. 481 S. 258 Fig. Geh. M 12, geb. M 13.

Von den beiden Verf. des Werks ist der erste bekannt als der Tätigsten einer auf dem uns durch Hertz erschlossenen Gebiete der elektrischen Schwingungen, auch dem zweiten ist der Gegenstand kein fremder. Beide stehen außerdem der praktischen Ausbeutung der fraglichen Erscheinungen fern und es darf daher ihr Werk von vornherein Anspruch auf mehr Beachtung machen, als die meisten der nur zu zahlreichen bisher über den gleichen Gegenstand erschienenen Schriften. Das Werk ist „für den großen Kreis der allgemein gebildeten Leser“ bestimmt und beginnt in Rücksicht auf solche, „denen die fundamentalen Lehrsätze der Physik noch von der Schule her in Erinnerung sind, denen es aber an Zeit und Gelegenheit fehlt, den rapiden Fortschritten zu folgen, welche unsere Kenntnis der elektrischen Erscheinungen in den letzten Jahren genommen hat,“ mit einem gedrängten, aber vollständigen Überblick über den heutigen Stand der gesamten Elektrizitätslehre in 4 Kapiteln (§§ 1 ÷ 24). Es folgen dann in Teil II: — die elektromagnetischen Wellen —, Ausführungen über die kontinuierliche und oszillatorische Entladung; Erzeugung, Nachweis und Eigenschaften der elektrischen Wellen und die dazu dienenden Vorrichtungen einschließlich der Radiokonduktoren (Fritter, Antikohärer und dergl.) (§§ 25 ÷ 41). Teil III: die elektrische Telegraphie ohne Draht, behandelt zunächst die älteren Versuche zur „drahtlosen“ Zeichenübermittelung mittelst Leitung, Induktion, Influenz, sowie mittelst elektrischer Wellen in Wasser und Erde oder in Luft (Morse, Rathenau und Rubens, Strecker, Orling und Armstrong, Ducretet, Phelps, Edison und Gilliland, Preece, Stevenson, Lodge, Hughes, Popoff, Marconi, Slaby, Braun u. a.), sodann die verschiedenen Ausrührungsformen der zur sog. „Funkentelegraphie“ zwischen 2 Stationen dienenden Apparate, wie Induktorien, Unterbrecher, Antennen, Indikatorformen u. s. w., schließlich die bisherigen Bestrebungen zur Ermöglichung einer abgestimmten Telegraphie (Lodge und Muirhead, Braun, Marconi, Slaby und Arco). (§§ 42 ÷ 60) Im letzten IV. Teil: Drahtlose Telegraphie mit Hilfe des Lichtes und der ultravioletten Schwingungen, sind die photoelektrischen Erscheinungen, die Lichttelegraphie von Zickler, Photophon, Radiophon und die Versuche von Simon, Ruhmer und a. über Lichttelephonie besprochen; ein Nachtrag bringt noch einen genauen Bericht über die Versuche Marconis während der Reise des italienischen Kreuzers „Carlo Alberto“ nach Kronstadt. Die eigentlich ebenfalls zum Thema gehörige optische Telegraphie ist als „genügend bekannt“ (?) und „von beschränkter Wichtigkeit“ — was dem Ref. im Hinblick auf die Ausbildung dahin gehörender Methoden und Apparate in Heer und Flotte durchaus nicht zutreffend erscheint — unberücksichtigt geblieben. Wie schon die vorstehend gegebene gedrängte Übersicht erkennen läßt, ist der Inhalt ein außerordentlich reichhaltiger; alles Bemerkenswerte ist aufgenommen, und wie gründlich die Verf. bei der Durchforschung des vorhandenen Materials vorgegangen sind, zeigen die den einzelnen Kapiteln in Teil II ÷ IV angehängten Literaturverzeichnisse, welche dem Leser jederzeit genaue Orientierung über die einzelnen behandelten Systeme oder Apparate gestatten. Auch der Anordnung des Stoffes ist nur beizustimmen; die Verf. haben sich in die Arbeit

geteilt und jeder seine Kapitel ganz unabhängig vom anderen geschrieben, so ist jedes Kapitel ein in sich abgerundetes Ganzes geworden, welches sein Thema ziemlich erschöpfend behandelt. Bezüglich der Abbildungen sei nur bemerkt, daß etwas weniger Schemata aus Patentschriften und dafür mehr Skizzen ausgeführter Apparate zu wünschen wären. Das vorliegende Werk ist wohl das umfassendste auf dem Gebiete, und verdient seines reichen Inhaltes und der ausgezeichneten klaren und sachlichen Darstellung wegen weitesten Kreisen warm empfohlen zu werden. Leider fehlt ein Sachregister und da das Inhaltsverzeichnis über all die Systeme, die nicht einen § für sich in Anspruch nehmen, gar nichts sagt, ist das Auffinden solcher sehr erschwert.

Die Funkentelegraphie. Von Ingenieur C. Arldt, mit einer Einleitung über Wert der Funkentelegraphie für die moderne Schiffahrt von Professor O. Flamm. Leipzig, Theod. Thomas, 1903. 72 S. 75 Abb. Geh. M 1,80.

Im Gegensatz zu dem eben besprochenen Werke erweist sich diese Schrift bei näherer Betrachtung, wenn man von der nur 5 Seiten füllenden und die Entwickelung des maritimen Signalwesens in Anlehnung an das schöne Werk von Veitmeyer (Leuchtfeuer und Leuchtapparate. München, Oldenbourg. 1900.) behandelnden nicht eigentlich zum Thema gehörigen Einleitung absieht, als wenig mehr als eine Reklameschrift. Abgesehen von einigen allgemeinen Erörterungen über die Grundlagen und sehr summarischen Bemerkungen über die Systeme Marconi und Braun-Siemens werden nur die Apparate der Allgemeinen El. Ges. nach dem System Slaby-Arco nebst den auf sie Bezug habenden theoretischen Beobachtungen von nächst beteiligter Seite berücksichtigt. Die Charakterisierung des Braunschen Systems ist zudem durchaus willkürlich, man vergleiche nur Fig. 38, S. 37, welche die typische „Schaltung nach Slaby-Arco (A. E. G.)“ darstellen soll, mit „Braun, drahtlose Telegraphie durch Wasser und Luft“ Fig. 22, S. 36. Das Buch hat demnach nur für denjenigen Wert, der sich genauer über die von der A. E. G. ausgeführten Apparate für Funkentelegraphie zu unterrichten wünscht; es wäre richtiger gewesen, diese Einseitigkeit des Standpunktes auch im Titel zu betonen. Der Inhalt ist eine erweiterte Wiedergabe eines im Deutschen Flottenverein zu Berlin gehaltenen Vortrages; für welches Publikum der Verf. aber seine Schrift bestimmt hat, ist nicht recht ersichtlich. Gleich der erste Satz (S. 7), eine Definition der Funkentelegraphie, ist nichts weniger als verständlich, auch die Ausführungen über die Oszillationen (S. 12—13) sind nicht einwandfrei; im übrigen sind alle in Betracht kommenden Erscheinungen, wie Dämpfung, Resonanz, Abstimmung u. s. w. in den Kreis der Betrachtung gezogen. Die Ausstattung des Heftes ist in jeder Beziehung ausgezeichnet. *W. B. v. Czudnochowski.*

Schaltungsbuch für elektrische Anlagen. Von W. Weiler. Leipzig, Moritz Schäfer, 1902. 144 S., 323 Abb. Geb. M 4.

Auf Anregung von Herrn W. H. Uhland, Herausgeber des „praktischen Maschinenkonstrukteur“, hat sich der Verf. der mühevollen Arbeit unterzogen die verschiedensten in der elektrotechnischen Praxis vorkommenden Schaltungen in handlicher Form zusammenzustellen; auch die von Uhland mitgeteilten „Normalschaltungen“ sind mit Erlaubnis des Genannten wörtlich aufgenommen. In 134 §§ sind nun sowohl „innere“ Schaltungen von Stromerzeugern und Meßinstrumenten sowie für Messungen verschiedener Art, als auch solche von Stromerzeugern und -Verbrauchern, Schalttafeln und ganzen Anlagen für die verschiedensten Zwecke (Klingel-, Telegraphen-, Telephon-, Beleuchtungs u. s. w. Anlagen) angegeben; auch die Funkentelegraphie und die Hochfrequenzströme sind berücksichtigt, und am Schluß noch einige Bemerkungen über Oszillographen angefügt. Bei dieser Reichhaltigkeit des Inhaltes erscheint jedoch dem Ref. die Anordnung des Stoffes für die beabsichtigte Verwendung des Buches nicht günstig, denn verschiedentlich sind offenbar zusammengehörende Dinge, wie z. B. Messungen der elektrischen Größen, an ganz verschiedenen Stellen eingefügt; es ist zu wünschen, daß bei einer Neuauflage in dieser Hinsicht durchgreifende Änderungen vorgenommen werden. Im einzelnen sei nur bemerkt, daß auf S. 110 die Ausführung über Schaltung des Ringankers bei zweipoligen Wechselstrommaschinen mißverständlich ist, da die Ringwickelung in Bild 244 eine andere ist als in Bild 243, der Text aber hierauf nicht hinweist und die Verschiedenheit nicht sehr augenfällig ist; ebenso kann § 107 zu Mißverständnis Anlaß geben, insofern als die dort beschriebene Wechselstromlampe von Körting und Mathiesen eine ganz besondere allerdings sehr interessante Type ist und andrerseits keineswegs die Notwendigkeit vorliegt, eine Wechselstromlampe, abgesehen von der Windungszahl ihrer Spulen, irgendwie anders einzurichten als eine Gleichstromlampe, vielmehr das Werk beider identisch sein kann. Unzutreffend ist wie manches andere auch die Bezeichnung eines Drehfeldfernzeigers als „Schreibtelegraph“ (S. 94). Es fehlen leider Messung von Selbstinduktion und Kapazität. Von Druckfehlern sei erwähnt, daß der Name des Ref. selbst im Druckfehlerver-

zeichnis falsch wiedergegeben ist. Die beigefügten Figuren sind zweckentsprechend. Alles in allem möchte Ref. sich dem Wunsche des Verf. anschließen, daß recht viele Praktiker von dem Buche Nutzen haben. *W. B. v. Czudnochowski.*

Das Fernsprechwesen. Von Dr. Ludwig Rellstab (Sammlung Göschen, No. 155). 127 S., 47 Fig., 1 Tafel. Leipzig 1902. Geb. 80 Pf.

In vorliegendem kleinen Werkchen gibt der Verf. einen so klaren und vollständigen Überblick über die Ausgestaltung, welche das Fernsprechwesen gegenwärtig erlangt hat, wie ihn eben nur ein mit dem Gegenstande vollkommen Vertrauter zu geben vermag. In den ersten drei Abschnitten: Telephonische Apparate — Telephonleitungen — Vermittlungsämter, sind alle wichtigen, teilweise recht verwickelten Einrichtungen bis zu den neuesten Verbesserungen in Gestalt der vollautomatischen Ämter, und zwar trotz des bescheidenen Raumes in einer für volles Verständnis durchaus genügenden Weise geschildert, im letzten (vierten) Abschnitt — Telephone für besondere Zwecke — werden dann noch die lautsprechenden Telephone, Anwendungen bei Heer und Flotte wie zur Unfallmeldung, das Telegraphon und die Lichttelephonie besprochen. Auch die Abbildungen sind in Auswahl und Ausführung durchweg gut. Ref. kann daher dem Buche nur die weiteste Verbreitung wünschen. *W. B. v. Czudnochowski.*

Aufgaben und Lösungen aus dem Gebiete der Gleich- und Wechselstromtechnik. Ein Übungsbuch für den Unterricht in der Elektrotechnik an technischen Hoch- und Fachschulen, sowie zum Selbststudium. Von H. Vieweger, Ingenieur und Lehrer der Elektrotechnik am Technikum Mittweida. XI u. 272 S., 158 Textfig. u. 2 Tafeln. Mittweida 1902. Polytechnische Buchhandlung (R. Schulz). Gebunden M 5,50.

Das in seiner Disposition sich der „Schule des Elektrotechnikers" von Holzt anschließende Buch enthält 312, zum größten Teil sehr ausführlich durchgerechnete Zahlenbeispiele aus allen Gebieten der Starkstromtechnik. Nachdem in §§ 1÷20 die Grundlagen, wie u. a. voltametrische Eichungen, das Ohmsche Gesetz, Widerstand und Temperatureinfluß, die Gesetze von Joule, Kirchhoff, Coulomb, Biot-Savart, die Magnetisierung, Induktion, Selbstinduktion und der Kondensator behandelt sind, folgen §§ 21÷26 Aufgaben (206÷245) über die Gleichstrommaschine, §§ 27 bis Ende Aufgaben (246÷312) über den Wechselstrom. Jedem Paragraphen sind die in ihm behandelten Gesetze voraufgeschickt, jede Aufgabe enthält neben den der gegebenen Lösung zu Grunde gelegten Zahlenangaben noch solche in [ ], sowie freie ( ) zur Einsetzung eigener Zahlenwerte seitens des Unterrichtenden. Die beigefügten Figuren sind einfach und zweckentsprechend, die Tafeln enthalten Kurven, für die Magnetisierung, Permeabilität und die Hysteresisarbeit, auch die Auswahl des behandelten Stoffes ist dem Zwecke des Buches vollkommen angemessen. Nicht zu billigen ist aber die Bezeichnungsweise der vorkommenden Größen, der doch bei einem für den technischen Unterricht bestimmten Buche besondere Sorgfalt gewidmet sein sollte; nicht nur wechselt derselbe Buchstabe oft mehrfach seine Bedeutung (z. B. C, L, η, Q), sondern es finden sich auch gelegentlich ganz ungewohnte Bezeichnungen, sodaß man den Eindruck gewinnt, als habe der Verf. die seit Jahren im Gange befindlichen Bestrebungen zur Erreichung einheitlicher Bezeichnungen für die in Betracht kommenden Größen gänzlich unbeachtet gelassen. Von einem Lehrer der Elektrotechnik sollte man doch am ehesten eine Unterstützung jener Bestrebungen erwarten. *W. B. v. Czudnochowski.*

The Teaching of Chemistry and Physics in the Secondary School. By Alexander Smith and Edwin H. Hall. Longmans, Green and Co., New York, London and Bombay 1902. 377 S.

Es war bisher für einen deutschen Lehrer nicht leicht, ein klares und bestimmtes Bild von dem Betriebe der Physik und Chemie auf den höheren Lehranstalten der neuen Welt zu gewinnen. Das vorliegende vor kurzem erschienene Buch verschafft uns einen vollen Einblick in diese dort so kräftig blühenden Unterrichtszweige und bildet eine hochwillkommene Ergänzung zu der trefflichen Schrift Fischers über den naturwissenschaftlichen Unterricht in England. (*Vgl. diese Zeitschr. XV 105, 1902.*) Das Werk ist ein Hilfsmittel für amerikanische Lehrer, die ihren Unterricht verbessern wollen. Den chemischen Teil hat Smith, den physikalischen Hall bearbeitet, doch sind die Gegenstände, die für die Lehrer beider Wissenschaften gleich wichtig sind, nur an einer Stelle erörtert, mit Ausnahme der wenigen Fälle, wo die Ansichten der Verfasser von einander abweichen.

Der erste chemische Teil, der bereits in dieser Zeitschrift *XVI 75, 1903* besprochen wurde, behandelt die Gründe für das Studium der Naturwissenschaften, die Geschichte und den gegenwärtigen Zustand des chemischen Unterrichts, die Stellung der Chemie im Lehrplan, die Einführung in die Chemie, den Unterricht im Laboratorium und in der Klasse, einige Grundfragen des Lehrstoffs, das Laboratorium und dessen Ausstattung, die Lehrmittel, die Ausbildung und Fortbildung der Lehrer.

In dem zweiten, physikalischen Teil erörtert Hall zunächst die Fragen, ob man Physiklehrer werden, wie man sich dazu ausbilden und wie man sich als solcher fortbilden solle. Er behandelt dann den großen Wechsel in den Zielen und Verfahren des physikalischen Unterrichts während der vergangenen zwanzig Jahre und dessen Einfluß auf die Lehrbücher, ferner die Verfahren des Laboratoriumsunterrichts, die Leitung der Schülerübungen und deren Verbindung mit dem Klassenunterricht, den physikalischen Unterricht in den Elementar- und Mittelschulen (primary and grammar schools) und in den höheren Lehranstalten, die Behandlung der Dynamik, die Anlage und Ausstattung der Schülerlaboratorien und den physikalischen Unterricht in Deutschland, England und Frankreich. Dieser Teil liefert uns klare und bestimmte Vorstellungen über das Lehrverfahren, das jetzt an den besten nordamerikanischen Schulen angewandt wird und das in einer Verbindung des Klassen- mit dem Laboratoriumsunterricht besteht. Das Herausfinden einer zweckmäßigen Verbindung dieser beiden Lehrweisen ist das Ergebnis langjähriger Versuche, auf das die Amerikaner mit Recht stolz sind und das sie nun dem europäischen Festlande als Vorbild darbieten, um von den großen Erziehungsschulden, die sie lange Jahre hindurch bei der alten Welt gemacht haben, jetzt wenigstens etwas abzuzahlen. Die Amerikaner pflegen alles Treffliche auf dem Gebiete des Unterrichts in der ganzen Welt aufzusuchen und in ihre Schulen einzuführen, auch hat im vergangenen Jahrhundert die starke Einwanderung gebildeter Deutscher erheblich auf ihr Unterrichtswesen eingewirkt, sodaß dieses dem unserigen zwar nicht äußerlich, wohl aber innerlich näher steht als das englische. Die Nordamerikaner haben vielfach die Gedanken deutscher Schulmänner, die wir aus Mangel an Mitteln nicht ausführen konnten, in Taten umgesetzt, sodaß sie heute wenn auch nicht in ihrem Klassenunterricht, so doch in ihrem Laboratoriumsunterricht unübertroffen dastehen. Eine genauere Bekanntschaft mit ihren Einrichtungen kann auch für uns von großem Nutzen sein. *H.-M.*

Physikalische Chemie für Anfänger. Von Ch. M. van Deventer. Mit einem Vorwort von J. H. van't Hoff. 2. Auflage, besorgt von Ernst Cohen. Amsterdam, S. L. van Loy und Leipzig, W. Engelmann. 1901. 158 S. M 4.

Das Buch, das die wichtigsten Tatsachen und Gesetze der allgemeinen Chemie derart erörtert, daß sie auch ohne weitgehende physikalische und namentlich mathematische Kenntnisse verständlich sind, ist bereits bei seinem ersten Erscheinen in dieser Zeitschr. (*XI, 195*) lobend besprochen worden. Es genügt daher, alle, die sich über die Hauptergebnisse der bisherigen physikalisch-chemischen Forschungen unterrichten wollen, oder die das Ergebnis des Studiums umfangreicherer Werke in knappen Sätzen zusammengefaßt zu sehen wünschen, von neuem auf dasselbe hinzuweisen. *Böttger.*

Lehrbuch der analytischen Chemie. Von Karl v. Buchka. Erster Teil: Qualitative Analyse. 2. Auflage. Mit 5 Abbildungen, 8 Übersichtstafeln und 1 Spektraltafel. Leipzig und Wien, Franz Deuticke. 1902. 264 S.

Das Buch, dessen 1. Auflage in dieser Zeitschrift V, 266 bereits eingehend besprochen wurde, hat in seiner Anlage keine Änderung erfahren, weshalb auf das dort Gesagte verwiesen werden kann. Daß der Verf. in der neuen Auflage die Ionentheorie gar nicht berücksichtigt — die Richtigkeit der in der Vorrede aufgestellten Behauptung, die Ansichten über diese Theorie seien noch zu wenig geklärt, dürfte wohl mit Recht vielfach bezweifelt werden — ist schon deshalb zu beklagen, weil sonst manche Lücke ausgefüllt worden wäre, die trotz des reichlichen, mit großer Sorgfalt gesammelten Stoffes noch vorhanden ist, wie die Wirkung der Acetate bei zahlreichen Fällungen, z. B. der des Kaliums durch Weinsäure, des Baryums durch die Chromatgruppe u. a. Auch die Nichtfällbarkeit des Magnesiums durch Ammoniak bei Gegenwart von Ammoniumsalzen wäre besser erklärt worden; denn der S. 38 angeführte landläufige Grund ist streng genommen keine Erklärung. *Böttger.*

Katechismus der chemischen Technologie. Unter Mitwirkung von P. Kersting, M. Horn, Th. Fischer, A. Junghahn u. J. Pinnow, herausgegeben von Paul Kersting und Max Horn. Erster Teil mit 79, zweiter Teil mit 72 in den Text gedruckten Abbildungen. Leipzig 1902. J. J. Weber.

Die Verfasser haben in den beiden Bänden, welche die Nummern 233 und 234 der bekannten Sammlung von Webers illustrierten Katechismen bilden, nach sorgfältiger Sichtung des reichlich zur Verfügung stehenden Stoffes diejenigen Methoden zusammengestellt, welche gegenwärtig zur fabrikmäßigen Gewinnung von Elementen, sowie von anorganischen und organischen Verbindungen in größerem Umfange angewendet werden, und sie haben damit ein sehr brauchbares Hilfsmittel für den chemischen Unterricht geschaffen, welches in gleicher Weise dem Lehrer wie dem reiferen Schüler gute Dienste leisten wird. In die Darstellung sind historische, analytische und, wenn auch in beschränktem Umfange, statistische Notizen eingeflochten, die die Brauchbarkeit des Buches noch erhöhen. Vielleicht entschließen sich die Verfasser, bei einer Neuauflage die elektrolytischen Methoden

in größerem Umfange zu berücksichtigen, als dies jetzt geschehen ist; soweit dem Referenten erinnerlich, bietet in dieser Beziehung die zu derselben Sammlung von Katechismen gehörende Elektrochemie von W. Loeb keine vollständige Ergänzung. Die Abbildungen reichen zur Illustration des Textes vollständig aus. Der erste der beiden Bände behandelt die Technologie der Brennstoffe, der Elemente (mit Ausschluß der Metalle) und der anorganischen, der zweite Band die der organischen Verbindungen. Ein dritter Band soll von der allgemeinen, ein vierter von der speziellen Hüttenkunde handeln. *Böttger.*

Die Verwertung der ausgebrauchten Gasreinigungsmassen. Von Franz Bössner. Mit 11 Figuren im Text. Leipzig und Wien 1902. Franz Deuticke. 93 S. M 4.

In der Schrift wird die Verarbeitung der den Trockenreinigern der Gasanstalten entnommenen Masse auf Ammoniak, Cyan und Rhodanverbindungen geschildert, wenn sie, nachdem durch wiederholte Regeneration der Schwefelgehalt auf etwa 40% gestiegen ist, für die weitere Verwendung in den Gasanstalten unbrauchbar geworden ist. Der Inhalt der Monographie wird naturgemäß in erster Linie den betreffenden Fachchemiker interessieren; allein auch fernerstehende Fachgenossen werden den Darlegungen des Verfassers gern folgen, umsomehr, als größere Lehrbücher der technischen Chemie über die hier geschilderten Prozesse meist mehr oder weniger kurz hinweggehen und viele der vom Verf. gegebenen Abbildungen, z. B. von den zur Extraktion des Schwefels dienenden Apparaten, sich anderwärts kaum finden dürften. *Böttger.*

Anleitung zur chemisch-technischen Analyse. Ein Lehr- und Nachschlagebuch für Studierende, Chemiker, Hüttenleute, Techniker u. s. w. von Dr. Felix B. Ahrens, Professor an der Universität zu Breslau. Mit 87 Abbildungen. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1901. VIII u. 446 S. M 9.

Daß die Ausbildung in der chemisch-technischen Analyse für den künftigen Praktiker von höchstem Werte ist und in den Unterrichtsplan nicht nur der technischen Hochschulen, sondern auch der Universitäten aufgenommen zu werden verdient, wird angesichts der lebhaften Klagen, welche fortgesetzt über die ungenügende Vorbildung der jungen Chemiker laut werden, zugegeben werden müssen. Für derartige Übungen dürfte das vorliegende Buch, welches mit weiser Auswahl die Vorzüge der Gründlichkeit und klarster Darstellung verbindet, überdies unmittelbar aus den Bedürfnissen der vom Verfasser seit Jahren geleiteten derartigen Kurse an der Breslauer Universität hervorgegangen ist, eine vorzügliche Anleitung bilden. Auch unseren Fachgenossen kann es zur Orientierung über die Untersuchung der wichtigsten chemischen Rohstoffe und Präparate warm empfohlen werden. *J. Schiff.*

Die Zusammensetzung der chemischen Elemente, theoretisch und experimentell unter Beweis gestellt. Von Dr. Eduard Meusel. Liegnitz, C. Seyffarth, 1902. VII u. 83 S.

Der Verfasser ist schon mit mehreren Publikationen zum selben Thema hervorgetreten und es sei vorweg bemerkt, daß die Schrift sich von manchen anderen, ähnliche transzendente Probleme behandelnden Broschüren vorteilhaft unterscheidet, da der Verfasser streng rechnerisch vorgeht. Er sucht den Nachweis der Unitarität des Stoffes auf 4 Punkte zu stützen: Die Größe des Atomgewichts, das Atomvolumen, die Valenz und die Verbrennungswärme. Der Raum erlaubt nicht, auf den Inhalt der beachtenswerten Schrift, die mit dem Fr. Mohrschen Gedankenkreise manche Berührungspunkte besitzt und sich am Schluß scharf gegen die Ionentheorie wendet, näher einzugehen. *O.*

Methodischer Leitfaden für den Anfangsunterricht in der Chemie. Von Prof. Dr. W. Levin. Mit 98 Abbild. 4. Aufl. Berlin, O. Salle, 1902. 168 S. M 2.

In der vorliegenden Ausgabe sind nennenswerte Verbesserungen nicht vorgenommen, obwohl dies an manchen Stellen wohl angebracht wäre; wir beschränken uns darauf, auf die früheren Besprechungen (ds. Zeitschr. *XIII 241*) zurückzuverweisen. *O.*

K. Sumpfs Grundrifs der Physik. Ausgabe A. 9. Auflage bearbeitet von Dr. A. Pabst. Mit 461 Textabbildungen und einer Spektraltafel. Hildesheim, 1903, A. Lax. 312 S. Geb. M 3,70.

Die Eigentümlichkeiten und Vorzüge der Sumpfschen Lehrbücher sind in früheren Besprechungen bereits mehrfach erörtert worden, sodaß es genügen muß, auf das Erscheinen der neuen Auflage empfehlend hinzuweisen. Die Figur zum blinden Fleck des Auges (S. 162) — zwei gleiche schwarze Punkte in einer Horizontalen — würde besser durch eine mehr charakteristische Zeichnung ersetzt. *O.*

Versammlungen und Vereine.

I. naturwissenschaftlicher Fortbildungskursus zu Gießen.

31. März bis 8. April 1903.

An dem Kursus nahmen 27 Herren teil, seiner Eröffnung wohnte bei Herr Ministerialrat Dr. Eisenhut aus Darmstadt. Vorträge hielten von Universitätsprofessoren die Herren Geh. Rat Dr. Naumann, Dr. Elbs und Dr. Drude, von Oberlehrern Herr Prof. Dr. Noack.

Herr Prof. Elbs trug vor über elektrolytische Dissoziation (2 Std.). Er erläuterte die Ionentheorie, widerlegte Einwände, die gegen sie erhoben worden sind und erklärte bekannte Erscheinungen auf Grund der Ionentheorie. In einem zweiten Vortrag (1 Std.) besprach er die Einrichtung und Wirkungsweise der Akkumulatoren. Im Anschluß an diese Vorträge fanden an einem Nachmittag ein Akkumulatorenpraktikum (3 Std.) und an zwei Nachmittagen elektrochemische Praktika (3 Std.) statt. In einem 3stündigen Vortrag behandelte Herr Elbs ferner für die Chemiker des Kursus ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie (Farbstoffe). Auch an diesen Vortrag schloß sich ein Praktikum (3 Std.).

Herr Geh. Rat Naumann sprach (3 Std.) über Siedepunkts- und Gefrierpunktsverfahren zur Bestimmung von Molekulargewichten, über Molvolumen und eine einfache Ableitung der Gaskonstanten, über die Anwendung der Gasgleichung auf elektrolytische Dissoziation und über die Anwendung der Ionentheorie auf chemische Erscheinungen. An zwei Nachmittagen hielt er praktische Übungen (3 Std.). Ein zweiter Vortrag (2 Std.) des Herrn Naumann behandelte Fragen der Heizung und Beleuchtung.

Herr Prof. Drude sprach in drei 4stündigen Vorträgen über elektrische Schwingungen. Nach einigen theoretischen Bemerkungen über oszillatorische Entladungen führte er folgende Versuche vor: 1. Die bei den Schwingungen auftretenden Ladungen wurden mit Hülfe der Lichtenbergischen Figuren nachgewiesen. 2. Singende Bogenlampe von Duddel. 3. Trichterröhre von Holz. 4. Elektrische Resonanzversuche. Daran schlossen sich Tesla- und Hertzsche Versuche, Versuche über drahtlose Telegraphie und elektrische Wellen (Lechersche Drähte, Aronssche Röhre). In einem Vortrag (4 Std.) sprach er über Elektronentheorie und im Zusammenhang damit über Kathoden-, Röntgen- und Becquerelstrahlen, die Wirkung des ultravioletten Lichtes (Zichlertelegraphie) und die Ionisierung der Atmosphäre. In einem weiteren Vortrag über Wechselströme wurden die Wechselstromeigenschaften theoretisch begründet und mit Hülfe der Braunschen Röhre demonstriert. Daran schloß sich noch die Vorführung eines einfachen Wehneltunterbrechers sowie kurze Bemerkungen über drahtlose Telephonie. Aus der Optik wurden gezeigt die optische Kammer von Mach sowie ein einfacher Apparat zur Demonstration von Wellenflächen. (Ein an den Rändern sanft ansteigender Rahmen faßte eine Glasplatte und war teilweise mit Wasser gefüllt. Unter der Glasplatte befand sich eine Lichtquelle, darüber ein weißer Schirm. Erregte man nun Wasserwellen, so konnte man ihre Projektionen auf dem Schirm beobachten. Höchst anschaulich wurden mit dieser einfachen Anordnung demonstriert die Gesetze der Reflexion, Brechung und Interferenz des Lichtes, sowie die Linsen- und Hohlspiegelgesetze und das Huyghenssche Prinzip.) Ferner wurden noch kurz vorgeführt Versuche über die Ursachen, die bei einem überhitzten Dampfstrahle kondensierend wirken (ein glimmender Holzspan, frisch gebildetes Ozon, Radiumpräparate, Dämpfe von Säuren) und der Gravitationsapparat von Boys. An zwei Nachmittagen fanden physikalische Übungen statt und an einem die Besichtigung des physikalischen Instituts.

Herr Prof. Noack sprach über Demonstrationsmittel für den physikalischen Unterricht (2 Std.). Er behandelte die Einführung in den Galvanismus und führte dabei besonders interessante Apparate seiner physikalischen Sammlung vor. Viermal hielt er dreistündige Übungen ab. Zu allen Übungen waren die Teilnehmer in zwei Abteilungen geteilt.

Die Einrichtung der Kurse in Hessen verdanken wir hauptsächlich den Bemühungen von Prof. Noack. Die Leitung des diesjährigen lag in den Händen des Herrn Direktor Dr. Rausch. Der nächste soll 1904 in Darmstadt abgehalten werden.

Verein zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften.

12. Hauptversammlung zu Breslau, 2.—6. Juni 1903.

Die Verhandlungen begannen am 2. Juni mit einer allgemeinen Sitzung in der Aula des Realgymnasiums zum Heiligen Geist. Begrüßungsansprachen wurden gehalten von den Herren Dr. Maschke als Vorsitzendem des Ortsausschusses, G. R. Prof. Leonhard als Rektor der Universität, Herrn Dr. Pfundtner als Stadtschulrat, Herrn Dr. Richter als Direktor des Realgymnasiums zum Heiligen

Geist. Ihnen erwiderte der Vorsitzende des Vereins Prof. Pietzker. Derselbe hielt dann einen längeren Vortrag über „den exaktwissenschaftlichen Unterricht und die Schulreformbewegung", in dem er namentlich die Stellung der exakten Fächer an den Reformanstalten beleuchtete und auf die Schädigung hinwies, die jene Fächer durch den stärkeren sprachlichen Betrieb auf der Oberstufe dieser Anstalten erfahren müssen.

In der mathematischen Abteilungssitzung sprachen H. Vogt (Breslau) über endlichgleiche Prismen und Pyramiden, und F. Edler (Halle) über anschauliche Einführung in die astronomische Geographie und sphärische Trigonometrie. In der physikalisch-chemischen Abteilung sprach H. Hahn-Machenheimer (Berlin) über physikalische Schülerübungen; ein ausführlicher Bericht wird später folgen. W. Krebs (Münster) sprach über die Regelation im Sinne Faradays und als Gegenstand des Schulunterrichts. In der Diskussion wurde die Auffassung des Vortragenden von mehreren Seiten angefochten, insbesondere wurde geltend gemacht, daß die Faradaysche Ansicht durch die Erklärung von J. Thomson und Helmholtz als widerlegt gelten könne. Am Nachmittag wurden das physikalische, das chemische und mineralogisch-geologische Institut besichtigt. Am Abend fand ein Festmahl statt.

Am 3. Juni sprachen in allgemeiner Sitzung K. Geissler (Charlottenburg) über eine neue Behandlung des Unendlichen im mathematischen Unterricht, und W. Krebs (Münster) über den naturgeschichtlichen Unterricht an den Realanstalten Elsaß-Lothringens. In der physikalischen Fachsitzung führte darauf E. Grimsehl eine Reihe neuer Apparate und Unterrichtsversuche vor, die zum Teil in dieser Zeitschrift bereits beschrieben sind, zum Teil noch beschrieben werden sollen: ein auseinandergenommenes Modell der Nernstlampe, eine mit Wasserstoff gefüllte Glühlampe zur Demonstration der Leitungs- und Strahlungserscheinungen, einen Apparat zur Bestimmung der Polstärke zweier magnetischer Nadeln, den Apparat für die Demonstration des Zusammenhangs von Kraft, Masse, Arbeit und lebendiger Kraft, zwei Apparate zur Bestimmung des Wärmeäquivalents mittels der Glühlampe und mittels eines fallenden Gewichts, einen Apparat zur Erläuterung des Momentensatzes; an den letzteren Apparat knüpfte der Vortragende Ausführungen über die Behandlung des Momentensatzes im Unterricht. Am Nachmittag wurden die neuen Hafenanlagen und die Werft von Cäsar Wollheim besichtigt.

Am 4. Juni berichteten die Herren Landsberg (Allenstein), Fricke (Bremen) und Schmid (Zwickau) über die Durchführung der im vergangenen Jahr in Düsseldorf gefaßten, den biologischen Unterricht betreffenden Beschlüsse an den neunklassigen Lehranstalten und den Realschulen. Über die darauffolgende Diskussion ist an andrer Stelle (S. 238) eine Mitteilung gemacht. In der chemischen Fachsitzung sprach Privatdozent Dr. Hertz (Breslau) über die Bedeutung der Katalyse bei chemischen Vorgängen, in der mathematischen Frantz (Breslau) über das Dreikörperproblem, Ebner (Breslau) über die Schubkurbel, ein Kapitel aus der angewandten Mathematik.

In der geschäftlichen Schlußsitzung wurde nach Erstattung des Kassenberichts die Wiederwahl von drei Vorstandsmitgliedern vollzogen. Als Ort für die nächstjährige Versammlung wurde Halle a. S. bestimmt. Am Nachmittag fanden noch Besichtigungen des botanischen Gartens und der Haase-Brauerei statt. *P.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Der Läute-Induktor als magnetelektrische Maschine.

Von Siemens und Halske A.-G.

In den physikalischen Kabinetten fehlt vielfach ein modernes Modell für die Magnetinduktion. Als sehr geeignet für diesen Zweck hat sich der Läute-Induktor erwiesen, den die Firma Siemens und Halske A.-G. in verschiedenen Ausführungen für den Fernsprechverkehr liefert. Zweckmäßig ist besonders das Modell 34 606 der Preisliste 14 c. Zwischen den Schenkeln eines zweilamelligen Magneten ist, durch Kurbel und Zahnradübertragung drehbar, ein Doppel-T-Anker angebracht, dessen Ankerwiderstand ca. 400 Ohm beträgt. Die in der Figur dargestellte Vorrichtung wird für Unterrichtszwecke auf ein Holzbrett aufgesetzt und mit 2 Anschlußklemmen versehen. Der Induktor ist ursprünglich für den Betrieb einer Wechselstromklingel bestimmt, doch kann damit auch ein gewöhnliches Gleichstromläutewerk in Tätigkeit gesetzt werden. Die physiologische Wirkung ist beim Berühren der Anschlußklemmen deutlich bemerkbar.



Der Preis des Apparats in der angegebenen Ausführung beträgt M. 22. Ein noch größerer Induktor mit drei Magneten und einem Ankerwiderstand von ca. 50 Ohm (No. 34610 der Preisliste) ist ohne Montierung mit M. 40 angesetzt. Einrichtung für Gleichstrombetrieb erhöht den Preis um M. 6. *P.*

Zwei Demonstrationsapparate für die Magnetinduktion.

Von F. A. Hintze, Mechaniker und Optiker in Berlin, N 37.

Der Apparat Fig. 1 dient zum Anzeigen der Richtung des Induktionsstromes nach der Flemingschen „Rechte Hand-Regel". Die Magnetpole sind durch zwei Zylinder *N* und *S* markiert. Wird der bewegliche Leiter mittels des hinten befindlichen Handgriffes durch das magnetische Feld bewegt, so zeigt der weiße Pfeil automatisch die Stromrichtung an und bewegt sich selbst in dieser Richtung von dem einen Ende nach dem andern hin. Beim Umkehren der Bewegung des Leiters kehrt sich auch der Pfeil um und bewegt sich in entgegengesetzter Richtung.

Der Apparat ist in allen Lagen zu gebrauchen, auch kann man umgekehrt durch Festhalten des Leiters und Verschieben der Magnetpole den Pfeil bewegen.

Der Apparat Fig. 2 ist für die praktische Ausführung des Versuches über Magnetinduktion bestimmt. Er unterscheidet sich von der von Prof. Szymanski zu gleichem Zwecke angegebenen Vorrichtung (ds. Zeitschr. *VII 10*) dadurch, daß der Gleitleiter flach ist und mittels zweier Löcher sich auf den vertikalen Kupferstäben verschieben läßt. Ein Abrutschen des beweglichen Leiters beim Bewegen desselben ist somit vermieden. Durch Einschrauben der Stäbe in zwei näher stehende Löcher und Benutzung korrespondierender Löcher des Gleitleiters lassen sich auch weniger Kraftlinien schneiden. Auf die Magnetpole können zwei Polschuhe festgeklemmt werden. Ein solcher ist in der Abbildung am Südpol bereits aufgesetzt. Da die Leiter mit dem Magneten fest auf einem Brette montiert sind, läßt sich der Apparat in allen Lagen benutzen.

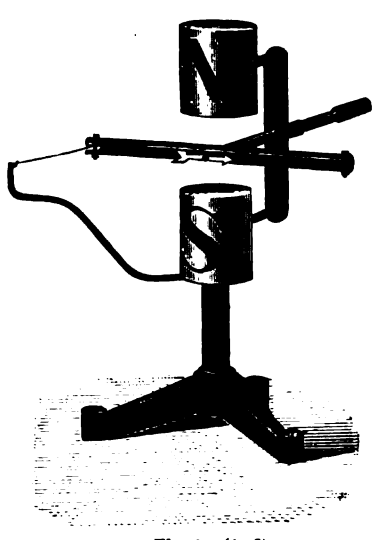


Fig. 1. (1:6)

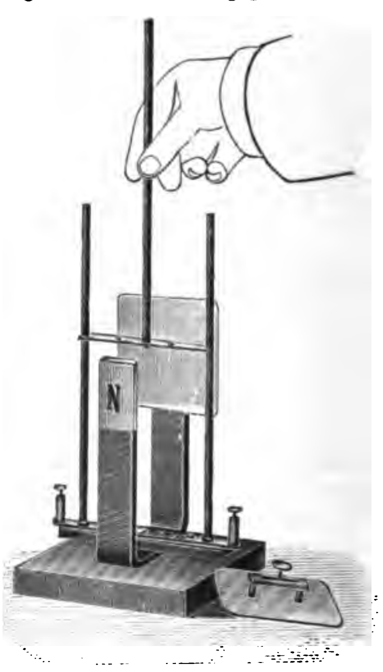


Fig. 2. (1:6)

Zur Demonstration der elektrodynamischen Bewegungen ist der Apparat gleichfalls geeignet. Zu dem Zwecke legt man den Apparat um, sodaß die Kupferstäbe eine schiefe Ebene bilden, legt ein beigegebenes Stück Messingrohr zwischen den Magnetpolen über beide Stäbe und schließt den Strom. Hat man mittels des Apparates Fig. 1 die Stromrichtung entsprechend gewählt, so rollt das Rohr bergan. Auch hier kann man sehr deutlich an der Schnelligkeit der Bewegung des Messingrohres den Einfluß der Kraftlinie zeigen. Bei Einschaltung eines Stromwenders und auf horizontal gestellten Schienen läßt sich die Bewegung abwechselnd in entgegengesetzter Richtung hervorrufen.

Eine Batterie von drei Akkumulatoren genügt für den Versuch.

Entsprechend dem Lenzschen Gesetz zeigt der Pfeil des Apparates Fig. 1 für diesen Versuch die der Stromrichtung entgegengesetzte Richtung an.

Die Figuren stellen beide Apparate in $^1/_6$ natürl. Größe dar. Der Apparat Fig. 1 kostet 15 M, Apparat Fig. 2 13,50 M.

Korrespondenz.

Die Darlegungen des Herrn Koppe auf S. 125 dieses Jahrgangs über die kleine Bahn der Sonne sind dankenswert; es ist — was ich durch meine Bemerkungen auf S. 61 nicht bestreiten wollte — unzweifelhaft genauer, von der Bewegung um den Schwerpunkt des Sonnensystems als

kurz von der Bewegung um die Sonne zu sprechen, wie es Koppernikus tat. Aber für die Frage, der meine Worte galten, ist diese größere Genauigkeit unwesentlich. Die Hauptsache war, daß Parallaxen und Aberration die Unrichtigkeit des ptolemäischen Systems dartun; daß der Mittelpunkt der Bewegung mit dem Mittelpunkte der Sonne zusammenfällt, sollte nicht behauptet werden. Ich füge hinzu, daß es mir immer unklar gewesen ist, wie sich die Vertreter der Gleichrichtigkeit der verschiedenen Systeme mit dem Gravitationsgesetze abfinden wollen. — Ein Gegensatz zwischen Herrn Koppe und mir besteht, soviel ich übersehe, in keinem Punkte, was ich nicht im einzelnen ausführen will. *Dr. Th. Häbler, Grimma.*

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1902. Dargestellt von der deutschen physikalischen Gesellschaft. 58. Jahrg. I. Abteilung, von **K. Scheel.** Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn, 1903. 496 S. M 20. — Namen-Register nebst Sach-Ergänzungsregister zu den Fortschritten der Physik, Band 44—53 (1888—99), unter Mitwirkung von **E. Schwalbe** bearbeitet von **G. Schwalbe.** Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1903. 1040 S. M 60. — **W. Voigt,** Thermodynamik. I. Bd. m. 43 Fig. Sammlung Schubert XXXIX. Leipzig, Göschen, 1903. 360 S. M 10. — **Hans Lorenz,** Lehrbuch der technischen Physik. I. Bd. Technische Mechanik starrer Systeme. München u. Berlin. Oldenbourg, 1902. 625 S. M 15. — **A. H. Bucherer,** Elemente der Vektor-Analysis, mit Beispielen aus der theoretischen Physik. Leipzig, Teubner, 1903. 91 S. — **A. Berliner,** Lehrbuch der Experimental-Physik in elementarer Darstellung. G. Fischer, Jena, 1903. 857 S. M 14. — **F. Bolte,** Leitfaden für den Unterricht in der Physik. Zum Gebrauch an Navigationsschulen. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1903. 117 S. M 2,20. — **Hiber,** Gravitation als Folge einer Umwandlung der Bewegungsform des Äthers u. s. w. München, G. Franz, 1903. 44 S. M 2. — **R. Manno,** Theorie der Bewegungsübertragung als Versuch einer neuen Grundlegung der Mechanik. Leipzig, W. Engelmann, 1903. 102 S. — **V. Grünberg,** Hypothese zur Thermodynamik. Leipzig, Ambr. Barth, 1903. 73 S. M 3. — **J. Hundhausen,** Zur Atombewegung. Kritik und Neues. Leipzig, Ambr. Barth, 1903. 54 S. M 1,20. — **K. Seubert,** Internationale Atomgewichte von 1903. Norm: O = 16 u. Norm: H = 1. Leipzig, Breitkopf u. Härtel, 1903. à M 1. — **M. Richter,** Lexikon der Kohlenstoffverbindungen. Supplement II. Hamburg u. Leipzig, L. Voss, 1903. 499 S. M 16. — **A. Reychler,** Physikalisch-chemische Theorien, bearbeitet von B. Kühn. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1903. 389 S. M 9, geb. M 10. — **E. Fischer,** Synthesen in der Purin- und Zuckergruppe. Braunschweig, Vieweg u. Sohn. 29 S. M 0,80. — **A. Müller,** Die Theorie der Kolloide. Leipzig u. Wien, F. Deuticke, 1903. 56 S. M 2. — **J. Walker,** Elementare anorganische Chemie, übers. von Marg. Egebrecht u. Emil Bose. Braunschweig, Vieweg u. Sohn. 326 S. M 4,50 geb. M 5. — **A. Wolfrum,** Die Grundzüge der chemischen Didaktik. Leipzig, W. Engelmann, 1903. 144 S. M 3. — **Rud. Arendt,** Grundzüge der Chemie und Mineralogie, bearb. von L. Köhler. Leipzig, L. Voss, 1903. 494 S. M 4. — **F. Traumüller,** Leitfaden der Chemie und Mineralogie. 3. Aufl. Leipzig, W. Engelmann, 1903. 51 S. M 1,60. — **F. Strunz,** Theophrastus Paracelsus, sein Leben und seine Persönlichkeit. Ein Beitrag zur Geistesgeschichte der deutschen Renaissance. 126 S. M 4. **Theophrastus Paracelsus,** das Buch Paragranum. Hgg. von F. Strunz. 125 S. M 4. Leipzig, E. Diederichs, 1903. — **M. Wildermann,** Jahrbuch der Naturwissenschaften 1902—1903. 18. Jahrg. Freiburg i. B., Herder, 1903. 508 S. M 6, geb. 7. — **H. Cohn** und **R. Rübencamp,** Wie sollen Bücher und Zeitungen gedruckt werden? Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1903. 112 S. M 2. — **J. Zellner,** Die künstlichen Kohlen für elektrotechnische und elektrochemische Zwecke, ihre Herstellung und Prüfung. Berlin, J. Springer, 1903. 295 S. M 8. — Vorträge und Abhandlungen, herausgegeben von der Zeitschrift „das Weltall". Heft 3: **E. Gumlich,** Präzisionsmessungen mit Hülfe der Wellenlänge des Lichts. M 1. Heft 4: **A. Leman,** Über Schattenphänomene bei Finsternissen. M 2. Berlin, C. A. Schwetschke u. Sohn. — Die „Umschau", Übersicht über die Fortschritte und Bewegungen auf dem Gesamtgebiet der Wissenschaft, Technik, Literatur und Kunst, herausg. v. **J. H. Bechhold.** Jahrg. VII Nr. 20. Bezugspreis vierteljährlich 3,80 M. Frankfurt a. M.

Sonderabdrücke. Über Volkmanns Postulate, Hypothesen und Naturgesetze und deren Beziehung zur phänomenologischen Naturauffassung im Sinne Machs, von H. Kleinpeter. S.-A. Ann. d. Naturphil. II. 404—419. — Der Charakter der Betriebskurven eines Gleichstrommotors mit Nebenschlußerregung. Von Fritz Emde. S.-A. Arch. d. Math. u. Phys. (3), V, Heft 1 u. 2. — Über die radioaktive Emanation in der atmosphärischen Luft. Von J. Elster u. H. Geitel. S.-A. Denkschr. f. luftelektr. Forsch. München, 1903. — Die astigmatische Brechung der Sonnenstrahlen im Regenbogen. Von L. Matthiessen, Publik. des astron.-meteor. Observ. zu Rostock, 1903.

Himmelserscheinungen im August und September 1903.

☿ Merkur, ♀ Venus, ⊙ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		August						September					
		3	8	13	18	23	28	2	7	12	17	22	27
☿	AR	9^h 25^m	10. 2	10.35	11. 4	11.31	11.55	12.16	12.35	12.50	12.59	13. 0	12.52
	D	+ 17°	+ 14°	+ 10°	+ 6°	+ 3°	— 1°	— 4°	— 6°	— 9°	— 10°	— 11°	— 9°
♀	AR	11^h 29^m	11.39	11.47	11.53	11.56	11.56	11.52	11.45	11.35	11.24	11.14	11. 5
	D	+ 1	— 1	— 3	— 4	— 6	— 7	— 7	— 7	— 7	— 6	— 4	— 3
⊙	AR	8^h 50^m	9. 9	9.28	9.47	10. 5	10.24	10.42	11. 0	11.18	11.36	11.54	12.12
	D	+ 18	+ 16	+ 15	+ 13	+ 12	+ 10	+ 8	+ 6	+ 5	+ 3	+ 1	— 1
♂	AR	13^h 44^m	13.55	14. 6	14.18	14.30	14.42	14.55	15. 8	15.22	15.36	15.50	16. 4
	D	— 12	— 13	— 14	— 15	— 16	— 17	— 18	— 19	— 20	— 21	— 21	— 22
♃	AR		23.34		23.31		23.26		23.22		23.17		23.12
	D		— 4		— 5		— 5		— 6		— 6		— 7
♄	AR	20^h 33^m						20.25					
	D	— 19						— 20					
⊙	Aufg.	4^h 22^m	4.30	4.39	4.47	4.55	5. 4	5.12	5.20	5.29	5.37	5.45	5.54
	Unterg.	19^h 48^m	19.39	19.30	19.20	19. 9	18.58	18.47	18.35	18.23	18.12	18. 0	17.48
☾	Aufg.	16^h 10^m	19.21	21.20	—	5.41	12. 0	16.20	18.38	20.57	0.39	7.11	12.47
	Unterg.	0^h 16^m	4.39	10. 2	15.39	19.12	21.38	0.35	5.41	11.18	15.59	18.35	21.37
Sternzeit im mittl. Mittg.		8^h 43^m 25^s	9. 3. 8	9.22.50	9.42.33	10. 2 16	10.21.59	10.41.41	11. 1.24	11.21. 7	11.40.50	12. 0.32	12.20.15
Zeitgl.		+ 6^m 4^s	+ 5.36	+ 4.53	+ 3.56	+ 2.47	+ 1.27	— 0. 4	— 1.41	— 3.24	— 5.10	— 6.55	— 8.39

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Vollmond	Letztes Viertel	Neumond	Erstes Viertel
	Aug. 8, 9^h 54^m Sept. 7, 1^h 20^m	Aug. 16, 6^h 23^m Sept. 14, 14^h 14^m	Aug. 22, 20^h 51^m Sept. 21, 5^h 31^m	Aug. 29, 21^h 34^m Sept. 28, 14^h 9^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im August	unsichtbar	gegen Mitte des Monats im größten Glanz, wird aber bald darauf unsichtbar	etwa ³/₄ Std. lang abends im SW sichtbar	die ganze Nacht hindurch sichtbar	fast die ganze Nacht hindurch sichtbar
im September	unsichtbar	unsichtbar	wie im August	wie im August, Oppos. am 12.	geht am Ende des Monats schon um Mitternacht unter. Ring am Anfang des Monats am weitesten in diesem Jahre geöffnet

Totale Sonnenfinsternis am 21. Sept. morgens, unsichtbar in Berlin. Die Totalitätszone erstreckt sich von der Pr. Eduard-Insel durch den südwestlichen Teil des indischen Ozeans bis in das antarktische Gebiet.

Phänomene der Jupitermonde. Aug. 16, 23^h 26^m 45^s M.E.Z. II E. — 24, 21^h 54^m 2^s I E. — 31, 23^h 48^m 55^s I E. — Sept. 3, 23^h 12^m 50^s III E. — 9, 20^h 12^m 44^s I E. — 10, 20^h 29^m 33^s II E. — 18, 18^h 50^m 14^s I A. — 25, 20^h 45^m 23^s I A.

Sternbedeckungen für Berlin:

Aug. 20, λ Gemin. Eintr.: 2^h 8^m,8 M.E.Z. Q = 51°, Austr.: 2^h 46^m,6 Q = 313°,
Sept. 18, α Cancri. Eintr.: 2^h 52^m,7 M.E.Z. Q = 137°, Austr.: 3^h 35^m,5 Q = 242°.

Veränderliche Sterne:

Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.	
Aug. 10		R Lyrae-Min.	Sept. 1		R Lyrae-Max.	Sept. 25		R Lyrae-Min.
13	23^h 55^m	Algol-Min.	5	22^h 26^m	Algol.-Min.	26	21^h	β Lyrae-Min.
14	24^h	η Aquilae-Max.	8	19^h 15^m	Algol.-Min.	28	20^h 58^m	Algol.-Min.
16	20^h 43^m	Algol-Min.	13	22^h	β Lyrae-Max.	29	23^h	β Lyrae-Max.
19	22^h	η Aquilae-Min.	16	24^h	β Lyrae-Min.			
31	24^h	β Lyrae-Min.	19	21^h	η Aquilae-Max.			

Dr. F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XVI. Jahrgang. Fünftes Heft. September 1903.

Zwei hydrostatische Apparate[1]).

Von

Alois Höfler in Wien.

1. Apparat für das hydrostatische Paradoxon.

Von den drei Fällen des zylindrischen, des nach oben erweiterten und des nach oben verengten Gefäßes ist es eigentlich nur der dritte, der den starken Eindruck des Paradoxen macht. Denn hier erzeugt die Flüssigkeitsmasse einen Bodendruck, der größer ist als ihr eigenes Gewicht. Die hierin liegende Paradoxie wird zum Bewußtsein gebracht durch Vorfragen wie die: Kann sich ein Mensch „schwerer machen“ — kann er einen Kahn, der ihn trüge, zum Sinken bringen (ohne Schaukeln) u. dergl. m. Warum aber vermag dann Ähnliches die eingefüllte Flüssigkeit im Gefäß mit nach oben verengten, also einspringenden Wänden? Leicht wird hier der auf die einspringende Wand von unten her nach oben fortgepflanzte Druck als Erklärung erkannt (zu vergleichen damit, daß der Mensch im Kahn unter einem Brückenjoch durchfahrend mit den Händen sich gegen dieses stemmt und so zum Gewichtsdruck noch den seiner Muskelspannungen hinzufügt).

Dies führt zur Lösung des Paradoxons für den dritten Fall nach Fig. 1. Lastet nämlich über dem Flächenstück $MN = \beta$ cm² der Druck $p = \beta h s$ Gramm und beträgt die Bodenfläche $AB = b = n . \beta$ cm², so erfährt sie einen Druck $P = np = n . \beta h s = n \beta . h s = b h s$ Gramm, der also ebensogroß ist, als wenn sich über AB der Flüssigkeitszylinder $ABCD$ befände.

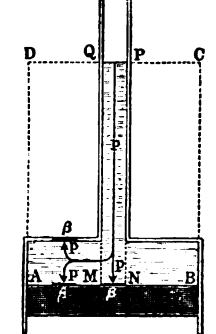


Fig. 1.

Doch gibt diese arithmetische Begründung noch keinen vollen Einblick in die physikalischen Ursachen, warum der Druck p auf die $n$fache Fläche sich ver-n-facht. Die Sachlage ist ähnlich der, wie sie kürzlich mehrfach als eine allzumathematische und zu wenig physikalische Behandlung des Hebels gerügt worden ist. Auf was es ankommt, ist, die physikalischen Kräfte, die zur schließlichen Erscheinung führen, in ihre Ursprünge und ihre Verteilung im gegebenen mechanischen System zurückzuverfolgen. Wie dies beim Hebel durch die in der Hebelstange und im Unterstützungskörper geweckten Spannungen geschieht, so macht der im folgenden beschriebene Apparat mit beweglichen Gefäßwänden den Schüler auf die Kräfte aufmerksam, die an den Gefäßwänden angreifen müssen, damit es zum schließlichen Gleichgewicht kommt.

---

[1]) Die Apparate sind in des Verfassers soeben erschienener Naturlehre für die Oberstufe beschrieben, aus der auch die Figuren 1—6 mit Genehmigung der Verlagshandlung Friedrich Vieweg und Sohn entnommen sind.

Die Konstruktion des neuen „Quecksilberbodendruckapparates“ schließt sich an einen älteren — wie es scheint, nicht allgemein bekannt gewordenen[2]) — Bodendruckapparat (Fig. 2) an, bei dem die den Bodendruck erleidende Fläche nicht einer von unten her angedrückten Platte, sondern einem wasserdicht verschiebbaren Kolben angehört; der Kolben besteht aus Hartgummi und hat am oberen Rande eine ringsumlaufende Rinne, die, mit Quecksilber gefüllt, zugleich wasserdichten Abschluß und Verminderung der Reibung gewährt. Unter dem Kolben ist der Glaszylinder offen und steht mit der äußeren Luft in Verbindung.

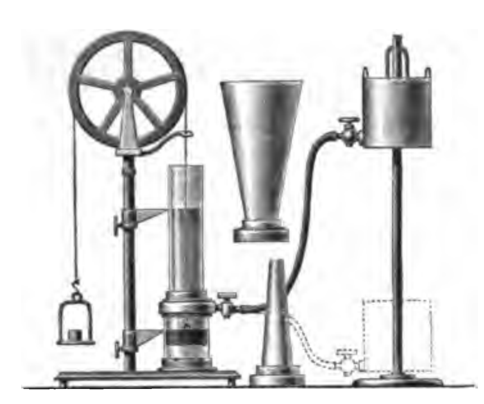


Fig. 2.

Im neuen Apparat (Fig. 3—5) ist ein ähnlicher Kolben aus Hartgummi in eine Eisenschale eingeschraubt, die auf den Tisch oder auf die eine Schale einer Tafelwage gestellt wird. Über ihn läßt sich quecksilberdicht das bewegliche Gefäß schieben. Dieses Gefäß besteht aus einem dickwandigen genau zylindrisch ausgeschliffenen Glasrohr, auf das oben ein Stahldeckel gekittet ist; in diesen Deckel ist eine Trichterröhre eingeschraubt. Die beschriebenen Teile sind in zweierlei Querschnitten ausgeführt, nämlich Kolben und weiter Zylinder mit den Halbmessern 1 cm und 2 cm, die Trichterröhre *N* mit den Halbmessern 1 mm und 2 mm; sie können wechselweise in den Stahldeckel eingeschraubt werden.

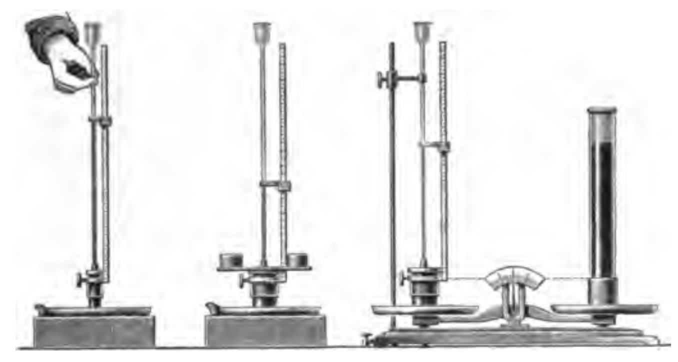


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Wird der Apparat auf die feste Tischplatte gestellt und in die Trichterröhre Quecksilber eingegossen, so hebt dieses die beweglichen Teile; sie schwimmen gewissermaßen auf dem Quecksilber (genauer betrachtet drückt das Gewicht von Glasröhre und Stahldeckel das Quecksilber schon ein wenig in die enge Röhre empor, und der Bodendruck dieser kurzen Quecksilbersäule pflanzt sich durch die zwischen Kolben und Stahldeckel befindliche Quecksilberschicht nach oben auf den Stahldeckel fort). Um nun eine längere Quecksilbersäule in die enge Röhre zu bekommen, kann man 1. die Trichterröhre mit der Hand fassen und hinunterdrücken (Fig. 3), oder man kann statt dieses Druckes der Muskelkraft 2. den Druck von Gewichten wirken lassen, die auf eine Platte oberhalb des Stahldeckels gelegt werden (Fig. 4), oder man kann 3. die Trichterröhre mittels eines Stativs festhalten (wie in Fig. 5). Namentlich beim unmittelbaren Anfassen mit der Hand (in 1) wird es nun ersichtlich, daß von dem abwärts gerichteten Druck der Muskelkraft sich auch etwas auf den festen Kolben fort-

[2]) Der Apparat wurde zu Anfang der 90er Jahre von dem Mechaniker Steflitschek in Wien hergestellt und mit einigen kleinen Verbesserungen dem Lehrmittelverzeichnis von Höfler-Maiss (d. Zeitschr. *IX 175*) eingereiht; er ist auch bereits in der „Naturlehre für die unteren Klassen“ von Höfler und Maiss abgebildet.

pflanzt; hierdurch aufmerksam gemacht, erkennt der Schüler auch bei dem Auflegen der Gewichte (in 2) den Beitrag dieses Gewichtsdrucks zum Bodendruck und übersieht nun auch beim Anwenden des bloßen Stativs (in 3) nicht mehr den Anteil, den der von außen auf die Gefäßwände auszuübende Druck an dem Bodendruck auf den Kolben hat

All dies wird aber noch viel deutlicher (im besonderen Sinne „physikalisch anschaulich", d. Zeitschr. *XIII 65*), wenn die bisher als fix gedachten Kolben auf die Wagschale gestellt werden (Fig. 5), wobei als Gegengewicht ein bis zur Druckhöhe mit Quecksilber gefüllter Standzylinder verwendet werden kann: denn nun ist wieder der Kolben beweglich, und es können schrittweise durch den Druck der Hand (1), der Gewichte (2), des Stativs (3) auch die Gefäßwände teils noch beweglich, teils wieder fix wie bei den gewöhnlichen Bodendruckapparaten gemacht werden.

2. Ein Apparat für den Seitendruck.

Der Satz, daß an einer vertikalen rechteckigen Wand der Seitendruck im ersten Drittel der Höhe angreift, wird durch den nebenstehend abgebildeten Apparat (Fig. 6) bestätigt. Zwischen zwei genau parallelen Wänden aus Spiegelglas ist eine Metallplatte um die im ersten Drittel von unten angebrachte wagrechte Achse drehbar. Wird das Gefäß bis über das dritte Drittel mit Wasser gefüllt, so wird der obere Teil der Platte nach außen gedrängt, die Resultierende aller Drucke greift also noch oberhalb der Achse an. Indem der Wasserspiegel allmählich bis zu jenem dritten Drittel sinkt, zeigt dann die Platte weder eine Tendenz, nach außen, noch eine, nach innen umzukippen. Hier greift also die Resultierende an der Achse, also im ersten Drittel, an. Bei noch weiterem Sinken neigt sich dann die Platte nach innen. An der Rückseite des Apparates befindet sich ein Hahn, um erforderlichenfalls das Wasser schneller abzulassen, als es an der Vorderseite zwischen der Metallplatte und den Glaswänden allmählich durchsickert.



Fig. 6.

Es war nicht ganz leicht, einen annähernd wasserdichten Anschluß der Ränder der Platte an die Glaswände zu erzielen. Die Platte wurde an den Rändern etwas verbreitert (in der Weise der T-Eisen); überdies eine Furche anzubringen und sie mit Fett auszufüllen, um bessere Dichtung zu erzielen, erwies sich als nicht zweckmäßig, da das Fett bei der Berührung mit dem Wasser zäh wird und die Reibung am Glas eher noch erhöht. Vielleicht laßt sich aber doch ein anderes geeigneteres Dichtungsmittel ausfindig machen.

Am unteren Ende trägt die Platte einen breiteren Abschluß von zylindrischer Krümmung, der in einer ebenso gekrümmten Platte am Boden des Gefäßes schleift, damit auch bei größerer Drehung der Platte nach ein- oder abwärts der Abschluß des Wassers noch erhalten bleibt. An eben diesem zylindrischen Absatz ist auch das Äquilibriergewicht angebracht, vermöge dessen die Platte in Bezug auf die Drehungsachse im indifferenten Gleichgewicht bleibt[3]).

[3]) Die beschriebenen Apparate werden von der Firma W. J. Rohrbeck, Wien I Kärtnerstraße 59 geliefert, und zwar der Apparat Fig. 2, 3—5 für 70 Kronen, Fig. 6 für 48 Kronen.

Apparat zur Demonstration der Zug- und Druckspannungen in einem festen Körper, sowie zur experimentellen Ableitung des Momentensatzes.

Von

Prof. **E. Grimsehl** in Hamburg.

In der „Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht“ XXXIV, 98—113 habe ich in einem Aufsatze über die „Einfachen Maschinen“ betont, daß man bei der mechanischen Kraftübertragung die in dem Kraft übertragenden Körper auftretenden Druck- und Zugspannungen nicht vernachlässigen darf, da erst durch das Auftreten dieser Spannungen die Kraftübertragung vermittelt wird.

Der folgende Apparat soll dazu dienen, die Spannungskomponenten einer Kraft, die in einem Punkte eines in der Ebene durch zwei oder mehrere feste Punkte befestigten Körpers angreift, durch zusammengedrückte und ausgedehnte Spiralfedern zu demonstrieren.

Fig. 1 gibt eine Abbildung des Apparates, welcher nach meinen Angaben von der Firma A. Krüss (Hamburg, Adolphsbrücke) gebaut wird. Auf einem Dreifuß erhebt sich eine vertikale Eisenstange A von quadratischem Querschnitt von 70 cm Höhe, die in Abständen von 2 zu 2 cm mit Löchern zum Einsetzen von Stahlstiften, die als Achsen dienen, versehen ist.

Auf der vertikalen Stange ist eine ebensolche horizontale Stange B von 30 cm Länge verschiebbar und in beliebiger Höhe durch eine in der Figur nicht sichtbare Druckschraube feststellbar. Als elastische Körper dienen Spiralfedern von gleicher Länge, aus dünnem Stahldraht hergestellt, die an den Enden zylindrische Hülsen zum Überschieben über die in die Löcher der Stativstange gesteckten Stahlstifte haben.

Die auf Druck beanspruchte Spiralfeder hat noch eine besondere Vorrichtung, durch welche eine Durchbiegung derselben verhindert wird. In Fig. 2 ist ein

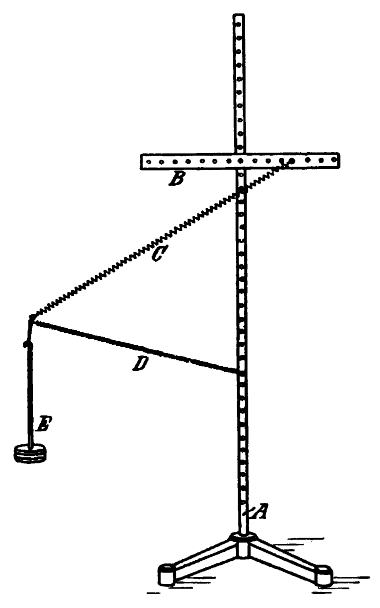


Fig. 1.

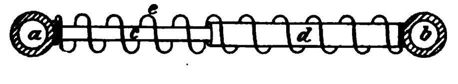


Fig. 2.

abgekürzt gezeichnetes Ende derselben in vergrößertem Maßstabe abgebildet. An der einen Endhülse a der Feder ist eine dünne, aber steife Stahlstange c, an der anderen Endhülse b ein dünnwandiges Messingrohr d hart angelötet. Die Stahlstange ist in dem Messingrohr leicht verschiebbar. Durch diese Verbindung ist eine in ihrer Länge veränderliche, aber gegen Verbiegung steife Stange hergestellt. Über diese Stange ist die elastische Spiralfeder e gestreift, doch ist auch hier noch so viel Zwischenraum, daß die Reibung der einzelnen Teile gegen einander möglichst gering ist.

In Fig. 1 ist C eine auf Zug, D eine auf Druck beanspruchte Spiralfeder, von denen je ein Ende, wie erwähnt, mit der Endhülse über einen der im Stativ befindlichen Stahlstifte geschoben ist. Die anderen Endhülsen sind in einem Punkte durch

einen in Fig. 3 besonders abgebildeten Doppelhaken vereinigt, an dessen unterer Öse das als Kraft wirkende Gewicht E befestigt ist.

An der Verlängerung von C kann man die wirkende Zugkomponente, an der Verkürzung von D die wirkende Druckkomponente der Kraft E beobachten, deren Größe auch direkt meßbar ist, wenn man durch einen Vorversuch die Elastizitätskoeffizienten der Federn, die bei gleichen Federn natürlich gleich sind, bestimmt hat. Daß die beiden Komponenten von C und D mit der Kraft E zu einem Kräfteparallelogramm vereinigt werden können, braucht wohl nicht weiter ausgeführt zu werden.

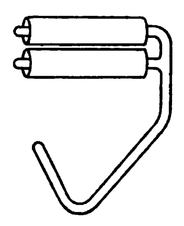


Fig. 3.

In Fig. 1 ist der Fall dargestellt, wo die Angriffslinie der Kraft E ganz außerhalb des von C und D gebildeten Winkelraumes fällt. Wirkt aber die Kraft so, daß die Angriffslinie in diesem Winkelraum liegt, so sind beide durch E erzeugte Komponenten Druckkräfte, und beide Federn müssen Druckfedern sein. Fällt dagegen die Verlängerung der Angriffslinie von E in den von C und D gebildeten Winkelraum, so sind beide Komponenten Zugkräfte, und die angewandten Federn müssen Zugfedern sein.

Man kann natürlich auch die Fälle untersuchen, daß mehr als zwei Punkte des Körpers befestigt sind, da man dann nur noch eine dritte Feder mit der einen Endhülse am Stativ, mit der anderen am Angriffspunkte der Kraft zu befestigen braucht. Es zerfällt dann E in mehr als zwei Komponenten. Durch die Verstellbarkeit der Achsen und durch die Verschiebbarkeit von B längs A, sowie endlich durch Anwendung von Federn verschiedener Länge und verschiedener Elastizität ist eine sehr mannigfaltige Anordnung der in Frage kommenden Verhältnisse möglich.

Der Apparat eignet sich auch besonders zur Demonstration der an den Knotenpunkten von Dach- und Brückenkonstruktionen auftretenden Spannungsverhältnisse.

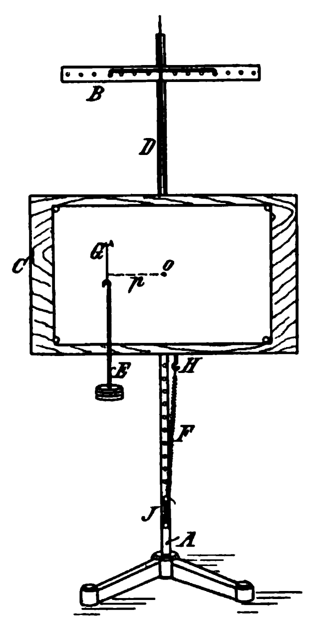


Fig. 4.

Derselbe Apparat mit einer geringen Modifikation (Fig. 4) gestattet die experimentelle Ableitung des Momentensatzes unter Benutzung des Prinzips, daß zwei an einem Körper angreifende Kräfte dann äquivalent sind, wenn sie bei dem Körper gleiche Spannungszustände hervorrufen.

Es wird ein Stahlstift in die vertikale Säule A des Stativs eingesteckt; derselbe bildet die Achse O eines Brettes C aus Lindenholz. Auf die Vorderseite ist mittels vier Reißbrettstiften ein Bogen weißes Papier geheftet, das also leicht durch ein anderes ersetzt werden kann. An das Brett ist auf der Oberkante ein langer Holzzeiger D angesetzt, der durch seine Stellung parallel der Stativstange die Nulllage des Brettes anzeigt. Damit das Brett nicht ganz umkippen kann, aber trotzdem innerhalb weiter Grenzen drehbar ist, ist in zwei Löcher der horizontalen Stativstange B ein Drahtbügel eingesetzt.

Die elastische Spannung des Körpers C ist dadurch erreicht, daß auf die Rückseite des Brettes eine Holzrolle aufgeleimt ist, um welche eine am Ende mit einem kleinen Haken H versehene dünne Schnur geschlungen ist. An den Haken H ist eine elastische, aus dünnem Stahldraht gefertigte Spiralfeder F mit dem einen Ende

befestigt. An das andere Ende der Feder ist ein Faden geknüpft, der um zwei in die Stativstange gesteckte Stifte J geschlungen werden kann, nachdem man die Feder F beliebig gespannt hat. Fig. 5 zeigt eine seitliche Ansicht des Apparates, aus der man die Anordnung des Zeigers D und der Rolle R an dem Brette C, sowie den Haken H mit Feder F und die Befestigungsstifte J deutlicher erkennen kann.

Es wird dann ein mit einem Haken oder mit einem Knopf versehener größerer Reißbrettstift G an einer beliebigen Stelle des Brettes eingesteckt und an diesen Haken ein dünner Faden gehängt, an dessen unterem Ende das als Kraft wirkende Gewicht E befestigt ist. Es wird das Brett durch die Kraft E unter Anspannung der Feder F gedreht. Man kann nun entweder die Kraft E oder den Angriffspunkt G der Kraft beliebig variieren. Das geschieht so lange, bis der Zeiger D genau vertikal, also unmittelbar vor der Stativstange A steht. Man bezeichnet dann mit einem Bleistift den Angriffspunkt G und die durch den Faden angegebene Kraftrichtung und schreibt neben G eine Zahl, welche die Größe der angewandten Kraft angibt. Darauf wird der Angriffspunkt der Kraft und die Größe der Kraft aufs neue so lange verändert, bis wieder der Zeiger D in der Nulllage steht. Man kann ferner noch die Kraftrichtung dadurch verändern, daß man den an G hängenden Faden erst um eine Rolle führt und dann erst das Gewicht anhängt. Jedesmal wird in der angegebenen Weise Angriffspunkt, Kraftrichtung und Kraftgröße auf dem Papier bezeichnet. Nachdem man so eine größere Anzahl von Einzelbeobachtungen gemacht hat, löst man das Papier vom Brette und fällt von der Achse aus auf die einzelnen Kraftrichtungen oder Angriffslinien die Lote p und mißt ihre Länge mit irgend einer Längeneinheit. Das Messungsresultat wird an das Lot p angeschrieben. Es ergibt sich dann das Resultat, daß das Moment der einzelnen Kräfte, d. h. das Produkt aus Kraftgröße E und Arm p stets dasselbe ist, abgesehen von den natürlichen Beobachtungsfehlern und von den durch die Reibung verursachten Abweichungen.

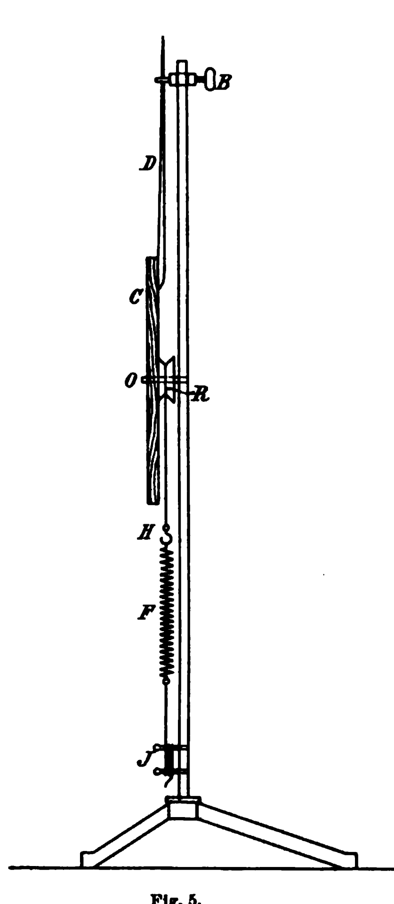


Fig. 5.

Da man die Spannung der Feder F innerhalb gewisser Grenzen verändern kann, so kann man mit einem neu aufgelegten Stück Papier eine neue Beobachtungsreihe machen, die die Äquivalenz der jetzt wirkenden Kräfte unter sich, aber in Abweichung von dem vorigen Resultat zum Ausdruck bringt.

Da man zu Beginn einer Beobachtungsreihe ein im wahren Sinne des Wortes unbeschriebenes Stück Papier vor sich hat, bei dem eine bestimmte Vorschrift über die Angriffspunkte der Kräfte durch Löcher oder Stifte nicht vorhanden ist, so sind die Versuche, besonders wenn sie von Schülern in den physikalischen Schülerübungen gemacht werden, frei vom Einfluß vorgefaßter Meinungen. Mit einer gewissen Spannung erwarten die Schüler nach Vollendung einer Beobachtungsreihe ihr erst am Schluße der Beobachtungen sich ergebendes Versuchsresultat.

Es mag noch bemerkt werden, daß man natürlich statt der durch die Feder F verursachten Spannung auch eine durch ein im beliebigen Punkte angehängtes Gewicht hervorgerufene Kraft mit entgegengesetztem Drehungssinn zum Vergleiche der zu messenden Momente anwenden kann.

Man kann auch die Wirkung einer Einzelkraft mit der gemeinsamen Wirkung mehrerer anderer vergleichen, indem man an mehreren Punkten gleichzeitig Kräfte angreifen läßt, deren Gesamtwirkung erst die Einstellung des Zeigers in die Nullstellung erzeugt; dann ist die Momentensumme dieser Kräfte gleich dem Momente der ihr äquivalenten Kraft.

Demonstrations-Nernstlampe.

Von

Prof. **E. Grimsehl** in Hamburg.

Die im Handel käuflichen Nernstlampen sind aus praktischen Gründen so montiert, daß ihre einzelnen Bestandteile einen möglichst kleinen Raum beanspruchen. Infolgedessen ist aber die Wirkungsweise der einzelnen Teile im Unterricht schwer zu beobachten. Aus diesem Grunde habe ich eine Nernstlampe Modell B 1902 zerlegt

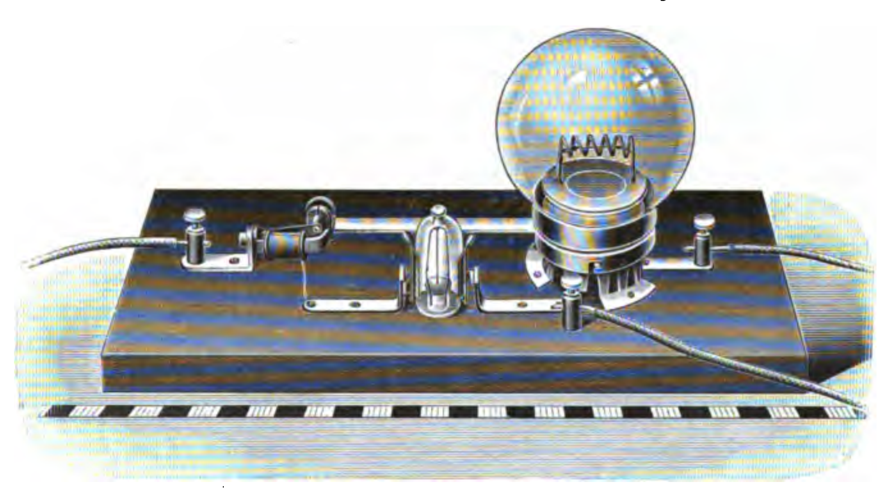


Fig. 1.

und auf einem Grundbrette so montiert, daß man sowohl den Stromverlauf, wie auch die Wirkungsweise der einzelnen Teile gut verfolgen kann. Fig. 1 ist eine nach Photographie hergestellte Zeichnung der Demonstrations-Nernstlampe.

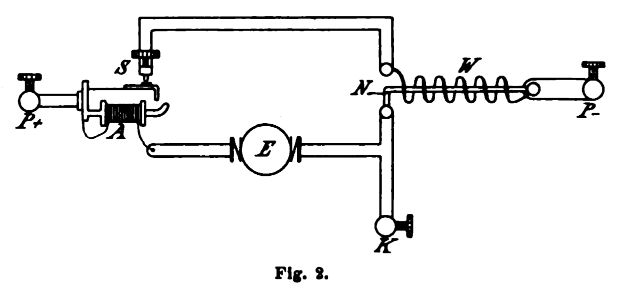


Fig. 2.

Fig. 2 gibt eine schematische Darstellung der Anordnung. $P+$ und $P-$ sind die mit den Polen einer 110 voltigen Stromquelle zu verbindenden Zuleitungsklemmen. Der bei $P+$ eintretende Strom geht in den automatischen Ausschalter A und gabelt sich hier in zwei Zweige, von denen der eine Zweig durch die Magnetwickelung des Ausschalters, der andere in den Anker des Ausschalters geht. Der erste Zweig verläuft nun so, daß er erst durch einen

dünnen Eisendraht geht, der in einem kleinen mit Wasserstoffgas gefüllten Glasbehälter spiralig befestigt ist. Dieser Eisendraht E ist der für die längere Lebensdauer der Lampe unumgänglich notwendige Vorschaltwiderstand, durch den eine automatische Regulierung der Stromstärke bewirkt wird. Von hier aus geht der erste Zweig des Stromes durch den eigentlichen Nernstkörper N und vereinigt sich nach Durchfließen desselben in der Zuleitungsklemme $P-$ mit dem zweiten Stromzweige, der durch den Anker des Ausschalters A zur Kontaktschraube S und von hier durch die Vorwärmespirale W geht. Außerdem ist noch die Klemme K angebracht, die die Verbindung dieses Punktes mit einem Voltmeter vermitteln soll.

Die Wirkungsweise der Lampe ist folgende: Da der Nernstkörper bei gewöhnlicher Temperatur einen so hohen elektrischen Widerstand hat, daß man ihn als Nichtleiter ansehen kann, so hat nur der durch die Kontaktschraube S und die Vorwärmespirale W fließende Stromkreis eine meßbare Größe. Die Wirkung dieses Stromes ist das Erglühen des dünnen Drahtes der Vorwärmespirale. Sobald nun durch die von der Spirale ausgehende Wärme der Nernstkörper N bis zur Rotglut erhitzt ist, wird auch dieser leitend. Die Folge ist, daß der durch A, E und N fließende Strom auch eine wirksame Stärke bekommt, welche den Nernstkörper N durch Joulesche Wärme weiter erwärmt, und welche gleichzeitig den Elektromagneten von A erregt, wodurch der Anker von A angezogen und von der Kontaktschraube S entfernt wird. Hierdurch ist der Vorwärmestromkreis ausgeschaltet. Durch die Stromwärme würde nun N zu höherer Glut und demnach zu höherer Leitfähigkeit gebracht werden, welche eine weitere Erhöhung der Stromstärke und demnach Steigerung der Temperatur von N bewirken würde, wenn nicht der Vorschaltwiderstand E vorhanden wäre. Dieser wird durch den durchfließenden Strom ebenfalls erwärmt. Da Eisen aber bei höherer Temperatur einen erhöhten Leitungswiderstand hat, so wird mit Erhöhung der Stromstärke in diesem Zweige der Widerstand so erhöht, daß eine selbsttätige Erniedrigung der Stromstärke eintritt. Man erkennt diese regulierende Wirkung des Vorschaltwiderstandes sehr gut daran, daß im Augenblicke, wo der Strom den Leiterzweig des Nernstkörpers zu durchfließen anfängt, eine starke Weißglut des Nernstkörpers erfolgt, welche unmittelbar darauf an Intensität abnimmt. Man erkennt das besonders gut dann, wenn man nicht den Nernstkörper selbst betrachtet, sondern eine weiße Papierfläche, die durch die Nernstlampe beleuchtet wird. Bei Abblenden des vom Nernstkörper ausgehenden weißen Lichtes durch eine übergesetzte Papphülse erkennt man auch die dunkle Rotglut des Vorschaltwiderstandes. Die beim Anbrennen des Nernstkörpers vor sich gehende Spannungsschwankung kann man auch an einem zwischen $P+$ und K eingeschalteten aperiodischen Voltmeter beobachten, das beim Eintreten des Stromes in den Beleuchtungskreis erst langsam, dann fast plötzlich bis auf 15 Volt steigt. Wenn man das Voltmeter zwischen K und $P-$ einschaltet, zeigt es vor Erglühen des Nernstkörpers die Spannung 110 Volt, im Augenblick des Erglühens ca. 100 Volt, und wenn die Lampe normal leuchtet, ca. 95 Volt an, woraus sich ebenfalls die Widerstandsveränderung deutlich kundgibt.

Um die eigentümliche Stromregulierung des Eisendrahtes zu demonstrieren, ist der Apparat Fig. 3 konstruiert. Derselbe besteht aus einer 30 cm langen Spirale aus Eisendraht von 150 cm Länge und 0,5 mm Dicke. Diese ist in einem 40 mm dicken, mit Wasserstoffgas gefüllten Glasrohr ausgespannt. Die Enden des Eisendrahtes sind hart an Kupferdrähte gelötet, die, durch die verjüngten Enden des Glasrohres durchgeführt, an zwei Polklemmen endigen, die gasdicht auf die Glasrohrenden aufgekittet

sind. Um das Glasrohr mit Wasserstoff füllen zu können, befinden sich noch zwei seitliche mit Gummischlauch und Glasstopfen verschlossene dünne Rohransätze an dem Umhüllungsrohr.

Verbindet man die beiden Polklemmen von Fig. 3 mit der Starkstromleitung unter Vorschaltung eines Regulierwiderstandes, schaltet man außerdem ein Ampèremeter in die Zuleitung und ein Voltmeter an die beiden Enden der Eisendrahtspirale, so kann man folgende Beobachtung machen. Man reguliert durch den Vorschaltwiderstand die Stromzuführung so, daß an den Enden der Spirale die Spannung von 5 Volt herrscht, dann zeigt das Ampèremeter die Stromstärke von 5 Ampère an, woraus sich als Widerstand der Eisendrahtspirale der Wert von 1 Ohm berechnet. Erhöht man dann die Spannung an den Enden der Spirale, so fängt die Spirale an zu glühen, aber die Stromstärke steigt nach Angabe des Ampèremeters fast gar nicht. Man kann die Spannung bis auf 40 Volt erhöhen, ohne daß eine wesentliche Steigerung der Stromstärke eintritt. Infolge der durch den Strom verursachten Temperaturerhöhung steigt der Widerstand der Eisendrahtspirale auf nahezu den achtfachen Wert. Diese automatische Regulierung der Stromstärke verhindert das übermäßige Ansteigen der Stromstärke in der Nernstlampe, trotzdem der Widerstand des Nernstkörpers mit der Temperatur stark abnimmt. Zugleich erklärt sich hieraus auch die eigentümliche Spannungsschwankung an dem mit der Klemme *K* (Fig. 2) verbundenen Voltmeter, welche oben beschrieben war[1]).

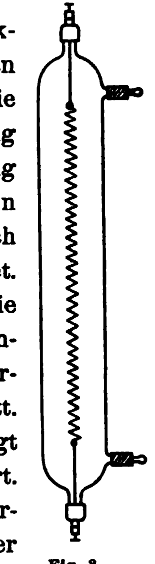


Fig. 3.

Zur Konstruktion der Machschen Wellenmaschine.

Von

Prof. Dr. **K. Mack** in Hohenheim.

Die Machsche Wellenmaschine ist ohne Zweifel das beste und zweckmäßigste Hilfsmittel, um auf anschaulichem, elementarem Wege in das Verständnis der Wellenbewegungen einzuführen. Die Maschine bietet insbesondere den Vorteil, daß die Erzeugung der Wellenbewegungen in übersichtlicher und unmittelbar verständlicher Weise erfolgt; nichts ist anschaulicher, als die Erzeugung der fortschreitenden Transversalwelle, die doch den besten Ausgangspunkt für die Betrachtung der Wellenbewegungen bildet, durch das Herausziehen der Schiene aus dem Apparat und das dadurch bedingte Freiwerden der aus ihrer Gleichgewichtslage herausgehobenen Kugeln. Auch die Möglichkeit der Überführung des transversalen in den longitudinalen Schwingungszustand ist didaktisch wertvoll; die nahe Verwandtschaft beider Schwingungszustände wird dadurch augenfällig demonstriert.

Was die konstruktive Ausführung der Maschine betrifft, so scheint dasjenige Modell das bekannteste und verbreitetste zu sein, das in dem Lehrbuch der Physik von Müller-Pfaundler Bd. I (S. 627, 9. Aufl. 1886) geschildert und abgebildet ist. Dort sind an Nebenapparaten, welche außer der selbstverständlich erforderlichen Schiene, die zur Erzeugung der fortschreitenden Transversalwellen dient, zu der Maschine gehören, die folgenden 3 angegeben:

---

[1]) Der vorstehend beschriebene Apparat wird von der Firma A. Krüss, Hamburg, Adolphsbrücke nach den Angaben des Verfassers gebaut.

1. Ein Schieber mit Nut, der auf einer Leiste unter den zunächst ruhenden Kugeln vorbeigeschoben wird zur Erzeugung der fortschreitenden Longitudinalwelle.

2. Ein in Wellenform gebogener Draht zur Erzeugung der stehenden Transversalwelle.

3. Eine lange Leiste mit eingeschlagenen Drahtstiften, deren verschiedene Abstände Verdichtung und Verdünnung veranschaulichen. Die an die Drahtstifte angelegten Kugeln werden rasch freigegeben und zeigen die stehende longitudinale Welle. —

Bekanntlich war die Benutzung all dieser Nebenapparate in der ursprünglichen Absicht von Mach selbst nicht gelegen; er empfahl, die longitudinalen Wellen durchweg aus den transversalen durch Drehung der Schwingungsebene abzuleiten. Das ursprüngliche Konstruktionsprinzip des Apparats zielt offenbar auf diese Möglichkeit ab. Wird so verfahren, so werden von den obigen 3 Nebenapparaten zwei, nämlich 1. und 3., entbehrlich und man braucht außer der Schiene nur noch den wellenförmig gebogenen Draht.

Die Ausführung der Maschine in der komplizierteren Form mit den 3 Nebenapparaten geschah natürlich nicht ohne Gründe; diese sind wohl darin zu suchen, daß die in der Idee sehr einfache Drehung der Schwingungsebene nicht leicht in völlig befriedigender Weise konstruktiv zu verwirklichen ist: durch die Drehung kommen nämlich leicht störende Einflüsse hinzu, die bewirken, daß die zu erzeugenden Longitudinalwellen nicht mehr regelmäßig ausgebildet sind. So zog man vor, die letzteren direkt mit Hilfe jener Nebenapparate zu erzeugen. —

In der hiesigen physikalischen Sammlung befand sich ein älteres Exemplar der Maschine, das vor ca. 20 Jahren in der Werkstätte des Kabinetts hergestellt worden war, und bei welchem, der ursprünglichen Machschen Idee entsprechend, die longitudinalen Wellen durch Drehung der Schwingungsebenen aus den transversalen erzeugt wurden. Als dieses Exemplar, das sich bei sorgfältiger Ausführung der Versuche als recht brauchbar erwies, im Lauf der Jahre schadhaft wurde, faßte ich die Herstellung eines neuen ins Auge, bei dessen Ausführung ich immerhin einige konstruktive Verbesserungen dem alten gegenüber anzubringen wünschte. Insbesondere kam es mir darauf an, den Drehungsmechanismus so zu gestalten, daß eine ganz störungslose Herstellung der longitudinalen Wellen aus den transversalen gewährleistet ist; sodann sollten die stehenden Wellen beider Art unter Benutzung des wellenförmig gebogenen Drahts in möglichster Reinheit darzustellen sein.

Nach mehrfachen Abänderungen ergab sich schließlich ein Modell (Fig. 1), das den ausgesprochenen Forderungen in vollem Maß gerecht wird, und das somit gestattet, alle 4 Arten von Wellen, die beiden fortschreitenden und die beiden stehenden, mit Hülfe nur eines Nebenapparats, nämlich des wellenförmig gebogenen Drahts, leicht und sicher darzustellen. Das Modell bietet außerdem den Vorteil einer relativ einfachen Konstruktion, was wiederum einen verhältnismäßig billigen Preis der Maschine in dieser Form ermöglicht[1]).

Es sollen in folgendem die wesentlichsten Punkte namhaft gemacht werden, in denen von der bisher üblichen Ausführung der Maschine abgegangen wurde.

1. Um die Schwingungsebenen der Pendel unter Fernhaltung von Störungen drehen zu können, erwies es sich als vorteilhaft, die vordere dünne Führungsschiene (*m n*), welche die Tragbrettchen (*B*) der Pendelaufhängungen miteinander verbindet,

[1]) Mechaniker C. Pfisterer in Plieningen bei Hohenheim, der Verfertiger des geschilderten Modells, liefert den Apparat um den Preis von 50 M. mit allem Zubehör.

nicht aus einem Stück, sondern aus einzelnen Gelenkstücken herzustellen[2]). Jedes Gelenkstück reicht von einem der Brettchen (*B*) bis zum nächsten. Das Ende des vorangehenden Gelenkstücks und der Anfang des folgenden sind um dieselbe vertikale Achse drehbar. Erschütterungen der Tragbrettchen während der Drehung sind bei dieser Konstruktion, wenn zugleich die Achsen leicht beweglich hergestellt sind, ausgeschlossen. Ein kleiner Handgriff in der Mitte der Hauptleiste (*c d*), mit dessen Hilfe die Drehung vorgenommen wird, trägt ebenfalls zu leichtem und erschütterungsfreiem Verlauf derselben bei.

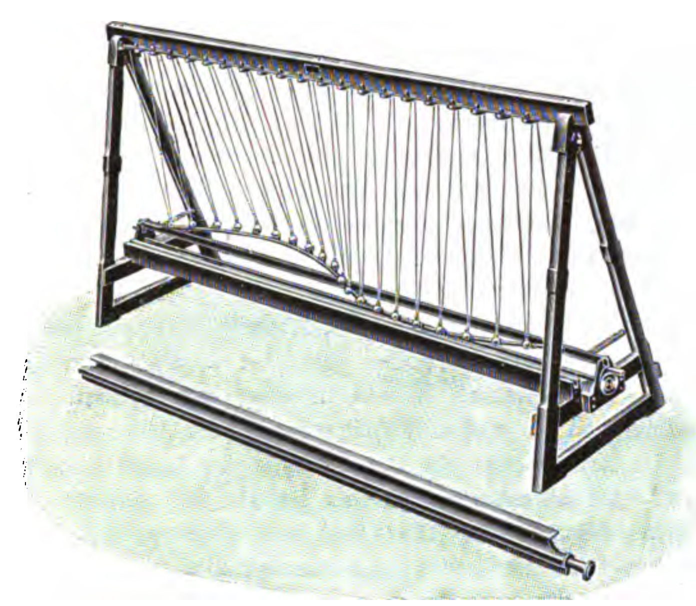


Fig. 1.

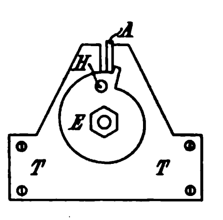


Fig. 2.

2. Besonders wichtig für die Herstellung der stehenden Wellen ist, daß der wellenförmig gebogene Draht die aus ihrer Gleichgewichtslage herausgehobenen Kugeln genau gleichzeitig und ohne Erschütterungen freigibt. Es gelingt dies, wenn der Draht mit einer sicher funktionierenden Senkungsvorrichtung verbunden ist, bei welcher die Senkung durch rasche Drehung von geeignet konstruierten Exzentern bewirkt wird. Der Mechanismus muß so eingerichtet sein, daß die Ebene des Drahts während der Senkung horizontal bleibt, und daß die Senkung von einer einzigen Stelle aus durch die Hand des Experimentators bewirkt wird. Damit der wellenförmig gebogene Draht weder elastischen Schwankungen noch der Verbiegung ausgesetzt ist, muß er entsprechend stark konstruiert sein; ich habe die Wellenlinie aus einer dünnen Eisenstange von quadratischem Querschnitt (Quadratseite = 6 mm) herstellen lassen. Ein Eisenstab von T-förmigem Querschnitt trägt die Wellenlinie und ist fest mit ihr verbunden; die Enden dieses Stabs ruhen auf der Senkungsvorrichtung auf. Die letztere besteht aus 2 kongruenten und parallel gestellten exzentrischen Scheiben (s. Fig. 2), die an den beiden Enden der Maschine sich befinden und durch eine eiserne Stange fest miteinander verbunden sind. An jeder der beiden Scheiben ist ein Handgriff angebracht, sodaß die Drehung der Exzenter vom einen oder vom andern Ende aus vorgenommen werden kann. Die feste Verbindung der beiden Exzenter bewirkt, daß die Ebene der Wellenlinie bei der Senkung horizontal bleibt. Bei rascher Drehung an einem der beiden Handgriffe werden die Kugeln gleichzeitig und ohne Erschütterung frei.

Figur 2 stellt das eine Ende der Senkungsvorrichtung dar; das andere ist genau ebenso konstruiert. *E* bedeutet die Exzenter, die oben mit einem Anschlag versehen

[2]) Die eingeklammerten Buchstaben beziehen sich auf die Fig. 635 des oben zitierten Bandes von Müller-Pfaundler.

ist, H den Handgriff, A das Ende des die Wellenlinie tragenden Eisenstabs, das auf der Exzenter aufruht und in einem Führungsschlitz der Tragplatte T sich auf- und abbewegen kann. T ist an einer horizontalen, hölzernen Querleiste befestigt. Eine in Fig. 1 angedeutete stählerne Spiralfeder, die mit einem Ende am Gestell des ganzen Apparats befestigt, mit dem andern an der Stange A eingehakt und gespannt ist, bewirkt, daß während der Senkung das Stangenende A an die eine Seite des Führungsschlitzes angedrückt wird; dadurch werden seitliche Schwankungen der Wellenlinie während der Senkung vermieden.

3. Was die Dimensionen der Maschine betrifft, so soll sie natürlich einerseits nicht zu voluminös sein, andrerseits sollen selbst in einem großen Auditorium die Wellen überall deutlich sichtbar sein. Letzteres ist noch der Fall, wenn man der Maschine, wie ich es getan habe, eine Länge von 1,80 m gibt, unter Verwendung von 21 Pendeln mit einem Kugeldurchmesser von 24 mm. —

Nicht unerwähnt möchte ich lassen, daß Herr A. Höfler[3]) eine sinnreiche Modifikation der Machschen Wellenmaschine angegeben hat, bei welcher ebenfalls nur ein Nebenapparat erforderlich ist. Derselbe besteht in einer mit beweglichen Armen versehenen Leiste; am Ende jedes Armes sind Vorrichtungen zur Anlegung der Kugeln angebracht. Werden die Arme senkrecht zur Richtung der Leiste gestellt, so befinden sich die Kugeln auf einer Sinuskurve; werden sie um 90° gedreht, so wird die stehende Longitudinalwelle dargestellt. Die Arme sind hier vor der Ausführung des Versuchs in die transversale oder in die longitudinale Stellung zu bringen, während bei der von mir gewählten Konstruktion der transversale Schwingungszustand — entsprechend der Machschen Grundidee — während der Bewegung in den longitudinalen übergeführt wird.

Über die Ableitung des Hebelgesetzes nach Grimsehl[1]).

Von

Hans Keferstein in Hamburg.

Im 2. Heft des laufenden Jahrgangs der Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht hat E. Grimsehl einen Aufsatz „Die ‚einfachen Maschinen', insbesondere der Hebel im Physikunterricht" veröffentlicht. Wir begegnen hier einer weiteren Ausführung von Gedanken, die schon wiederholt und in dieser Zeitschrift besonders nachdrücklich von Poske im XV. Jahrgang ausgesprochen worden sind, und einer Reihe von Versuchen, deren grundlegende Idee Fr. C. G. Müller im gleichen Jahrgang im unmittelbaren Anschluß an die Ausführungen von Poske angegeben hat. Wenn demnach die Abhandlung von Grimsehl auch nicht ganz Neues bringt, so wird sie doch die Mehrzahl der Physiklehrer und namentlich die unter ihnen, die in erster Linie Mathematiker sind, ziemlich fremdartig anmuten. Man muß gewisse Anschauungen, die man sich als „Werte" zu betrachten gewöhnt hat, erst „umwerten", ehe man die volle Bedeutung dieser Darstellung erfaßt. Eine eingehende Diskussion der in Frage kommenden sachlichen und methodischen Grundsätze dürfte zeigen, daß es sich hier nicht nur um Anderes, sondern auch um Besseres handelt, als bisher im Unterrichte in der Mechanik geboten wurde. Solche Erörterungen gerade an die Abhandlung von Grimsehl anzuknüpfen, liegt deshalb besondere Veranlassung

[3]) Diese Zeitschrift IX, 66, 1896.

[1]) *Anmerkung der Redaktion.* Der Herr Verfasser hat, einer Aufforderung der Redaktion folgend, seine Bemerkungen zu Herrn Grimsehls Aufsatz derart erweitert, daß die Leser zugleich eine Übersicht über den wesentlichen Inhalt dieses Aufsatzes erhalten.

vor, weil in ihr eine Auffassung der Wirkungsart äußerer Kräfte angedeutet ist, die in den gebräuchlichen Lehrbüchern für den Schulunterricht jedenfalls nicht zu finden ist.

Grimsehl hebt zunächst noch einmal die Vernachlässigung der tatsächlichen Verhältnisse bei den üblichen Ableitungen des Hebelgesetzes hervor. Hiergegen wird man gewiß sofort geltend machen, daß sich ohne weitgehende Abstraktionen überhaupt keine übersichtliche und insbesondere für Schüler geeignete Darstellung der Naturerscheinungen gewinnen lasse und auch die Berücksichtigung der jeden mechanischen Vorgang begleitenden elastischen Deformationen, wie sie Grimsehl fordert, nur unter allerlei vereinfachenden und in der Wirklichkeit nicht erfüllten Annahmen stattfinden könne. Solchem Einwand gegenüber möchte ich als Grundsatz hinstellen: Unter mehreren Auffassungen eines Naturvorganges ist bei annähernd gleicher Durchsichtigkeit der verschiedenen Betrachtungsweisen stets diejenige zu bevorzugen, die den wirklichen Vorgängen am nächsten kommt. Bei dem Worte Durchsichtigkeit ist aber nicht an die Einfachheit und Evidenz von mathematischen Deduktionen zu denken, die an eine willkürliche Definition eines fingierten Gebildes geknüpft werden, sondern an eine auf Beobachtung gestützte und durch Versuche geförderte Einsicht in das, was an und mit den betrachteten Körpern selbst geschieht. Die mathematische Darstellung mag dann immerhin etwas umständlicher ausfallen, wenn sie nur mit elementaren Mitteln zu erledigen ist. Überhaupt ist das, was uns im physikalischen Unterricht auch der Oberklassen in erster Linie nottut, nicht so sehr die mathematische Formulierung von Gesetzen, — die neuen Lehrpläne leisten freilich einer solchen Auffassung Vorschub, — als vielmehr die Schulung des Wirklichkeitssinnes, der Fähigkeit, ohne irgend welche Voreingenommenheit an die Prüfung der Dinge heranzugehen und zunächst nicht mehr in das Geschehen hineinzulegen, als es unserer Wahrnehmung darbietet. Die Heranschaffung des der logischen Bearbeitung zu unterwerfenden Materials in reinem, unverfälschtem Zustande muß die erste Aufgabe der Physik sein; gerade der Unterricht in der Mechanik krankt an der Neigung, von vornherein mit Halbfabrikaten zu arbeiten, anstatt von den Rohstoffen auszugehen.

Von solchen Gesichtspunkten aus ist die Grimsehlsche Ableitung des Hebelgesetzes unzweifelhaft den üblichen Deduktionen weit vorzuziehen. Nach Grimsehls Vorschlag hätte die Darbietung im Unterricht kurz folgenden Gang zu nehmen: Der Begriff des starren Körpers wird als physikalisches Unding von vornherein abgewiesen. Der Untersuchung der Wirkungsweise von Maschinen muß die Feststellung der Veränderungen vorausgehen, die sie selbst unter dem Einfluß einer an ihnen angreifenden Kraft erfahren, es sind also zunächst die „Gesetze der Formveränderung (Elastizität und Festigkeit) der Körper“ (S. 100 der Abhandlung von Grimsehl) zu behandeln. Durch Versuche an aufgehängten Drähten wird gezeigt, „daß sich jeder Draht bei einer Belastung dehnt und erst nach der Dehnung das Gewicht zu tragen vermag“ (ebenda); gleichzeitig ergibt sich, daß die an irgend einem Punkte des Drahtes oder Seiles wirkende Kraft durch die erzeugten Spannungszustände ohne Veränderung ihrer Größe nach irgend einem anderen Punkte des Drahtes übertragen wird. Die Grundlagen des Verständnisses der Seilmaschinen, der Rolle und des gemeinen Flaschenzuges sind hiermit gesichert. Weiter werden durch Versuche an einem Stück Gummi, einer Feder, einem starken Stahlstab die Wirkungen einer Druckkraft auf einen Körper und namentlich auch die Vorgänge bei der Biegung vorgeführt, wobei die Unzulässigkeit der Definition des Hebels als einer unbiegsamen Linie deutlich hervortritt. Es verdient besonders hervorgehoben zu werden, daß Grimsehl durch die bisher angedeuteten Experimente auf Grund wirklicher Erfahrung das gleiche Ergebnis gewinnt, das sonst aus der Fiktion des „absolut starren“ Körpers abgeleitet zu werden pflegt, daß nämlich die Wirkung einer Kraft an einem starren Körper nicht geändert wird, wenn man ihren Angriffspunkt längs ihrer Richtungslinie beliebig verlegt.

Noch auf einen zweiten Punkt ist hier aufmerksam zu machen, in dem mir gerade die bereits erwähnte eigenartige und sehr beachtenswerte Auffassung der Kraftwirkung enthalten zu sein scheint. Man kann offenbar den unteren Teil eines aufgehängten Drahtes als

eine an seinem oberen Stück angebrachte Belastung ansehen; die bei einer solchen Belastung eintretenden Vorgänge geben mir demnach nur Kenntnis von den Spannungszuständen, die auch schon im hängenden unbelasteten Drahte vorhanden sind. Der Gleichgewichtszustand in einem solchen Körper stellt sich dadurch her, daß in jedem seiner Punkte zwei gleiche und entgegengesetzt gerichtete Zugspannungen auftreten. Entsprechend finden wir in jedem Punkte einer auf fester Unterlage vertikal stehenden Stange zwei gleiche und entgegengesetzt gerichtete Druckspannungen. Ganz allgemein charakterisiert sich der Gleichgewichtszustand eines festen Körpers, an dem beliebig viele und beliebig gerichtete Kräfte in verschiedenen Punkten angreifen, dadurch, daß in jedem Punkte des Körpers paarweis gleiche und entgegengesetzt gerichtete Spannungen auftreten. — Unter welchen Bedingungen tritt nun eine Bewegung des Körpers ein? Den Satz vom Kräfteparallelogramm setzen wir hier mit Grimsehl als gegeben voraus. Da die Bewegung eines Körpers, an dem beliebige Kräfte angreifen, stets durch das Anbringen weiterer Kräfte (Gegenkräfte), z. B. die Befestigung von 3 Punkten des Körpers, die nicht in derselben Geraden liegen, verhindert werden kann, so äußert sich für die Dauer des Gleichgewichtszustandes jede der gegebenen Kräfte als eine Zug- oder Druckspannung in dem gegebenen Körper. Bei Verkleinerung einer „Gegenkraft“ K um den Betrag K_1 bleibt in ihrer und in der entgegengesetzten Richtung eine Spannung von der Größe $K - K_1$ im Körper bestehen, während in der zweiten Richtung nunmehr eine bewegende Kraft von der Größe K_1 wirkt. Befestigt man z. B. an den beiden Enden eines über eine Rolle geführten Seiles unter Einschaltung eines oder auch beliebig vieler Kraftmesser Gewichtsstücke (Fig. 1) und stellt (unter Berücksichtigung der Reibung) Gleichgewicht her, so zeigen die Kraftmesser eine gewisse Zugspannung an, und zwar eine etwas größere auf der Seite, auf der durch die angehängten Gewichte auch die Reibung kompensiert ist. Nimmt man nun auf der anderen Seite ein Gewichtsstück weg oder legt auf dieser eins hinzu, so vermindert sich die Spannung um den betreffenden Betrag, dafür tritt aber Bewegung nach dieser letzten Seite hin ein. Kann die Bewegung des Körpers nur auf einer erzwungenen Bahn erfolgen oder handelt es sich um eine Drehung, so sind die angreifenden Kräfte derart zu zerlegen, daß eine Komponente durch den Widerstand der Bahn oder der Befestigungspunkte aufgehoben wird, die andere in die Richtung der möglichen Bewegung fällt. Auch von dieser zweiten Komponente äußert sich im allgemeinen wegen der Reibung und des Luftwiderstandes noch ein gewisser Bruchteil als innere Spannung des Körpers, der Rest als bewegende Kraft. Das Verfahren, das hiernach zur Ermittelung der schließlich eintretenden Bewegung führt, unterscheidet sich in der mathematischen Darstellung also von dem bisher üblichen nicht wesentlich, aber es hat eine den wirklichen Verhältnissen angepaßte Begründung erhalten, und das dürfte doch auch ein Fortschritt sein (vergl. S. 110).

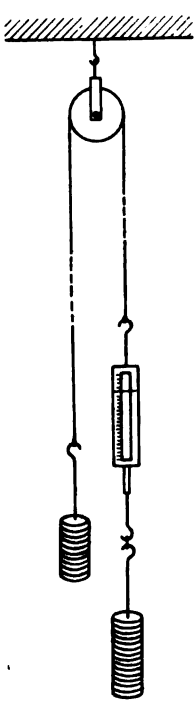


Fig. 1.

Grimsehl gibt diesen Beziehungen, wie wir noch sehen werden, einen etwas anderen Ausdruck. Er verzichtet auf die Zerlegung der angreifenden Kräfte in Komponenten und untersucht das Ergebnis des Zusammenwirkens der unzerlegten Kräfte mit den durch sie im Körper erzeugten Gegenkräften (Zug- und Druckspannungen); er erhält als Resultat dann eben jene Komponenten. Sachlich ist es offenbar belanglos, ob man die vorher angedeutete oder die Grimsehlsche Darstellungsweise wählt, zu Gunsten jener spricht nur der psychologische Gesichtspunkt, daß sie sich formal enger an das übliche Verfahren anschließt.

Es schien notwendig, bei den einleitenden Gedanken des Grimsehlschen Aufsatzes etwas länger zu verweilen, weil gerade hier Auffassungsweisen vorliegen, in die man sich gewissermaßen erst hineinleben muß. Die wesentliche Forderung, die an den Lehrer gerichtet wird, ist die: der Schüler soll im Unterricht über die Mechanik fester Körper von

vornherein die durch Versuche begründete Überzeugung gewinnen, daß keine Kraftwirkung auf solche Körper stattfindet, ohne daß sie elastische Deformationen erleiden oder, anders ausgedrückt, in ihnen gewisse Spannkräfte entstehen.

Indem Grimsehl nun zur Betrachtung des Hebels übergeht, macht er zunächst wie schon Poske darauf aufmerksam, daß es verfehlt ist, den Hebel als Gleichgewichtsmaschine zu betrachten, daß wir vielmehr mit dem Hebel etwas „machen" wollen, bestimmter, daß hier „eine Drehkraft unter Vermittelung eines drehbaren Körpers durch eine ihr äquivalente ersetzt wird" und sich demnach die Ableitung des Hebelgesetzes zu der Frage zuspitzt: „Wann sind Drehkräfte äquivalent?" (S. 103). Die Untersuchung wird auf den Fall beschränkt, daß die gleichwertigen Kräfte in einer zur Drehachse senkrechten Ebene wirken, und unter der Voraussetzung geführt, daß keine Beanspruchung des Körpers über die Elastizitätsgrenze hinaus stattfindet.

Der Fundamentalversuch, der in etwas abgeänderter Form von Herrn Grimsehl auf der diesjährigen Pfingstversammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften vorgezeigt worden ist (vergl. die Beschreibung in diesem Heft S. 260), hat in der Abhandlung in der Zeitschrift für mathemat. u. naturw. Unterricht folgende Fassung erhalten (S. 104—106, vergl. Fig. 2): „In ein festes Brett werden die beiden Nägel A und B eingeschlagen. An den oberen Nagel A wird ein Seil angebunden, dessen anderes Ende C an einem Stabe CB befestigt wird. Das andere Ende des Stabes wird mit einer Einkerbung versehen, mit der es um den Nagel B drehbar ist". Läßt man nun am gemeinsamen Ende C von Faden und Stab eine Kraft P etwa in Form angehängter Gewichte wirken, so erzeugt diese im Seil eine Zugspannung Z in der Richtung $C \rightarrow A$, im Stabe eine Druckspannung D in der Richtung $B \rightarrow C$. Der Punkt C stellt sich automatisch so ein, daß P, Z, D einander das Gleichgewicht halten, indem z. B. bei zunächst zu kleinem Z durch eine Verlängerung von AC der Zug Z vergrößert, bei einem zu großen Z durch Verkürzung von AC verkleinert wird. Die Gleichgewichtsbedingung kann offenbar in drei Formen ausgesprochen werden: Die Resultante P' (das obere P in Fig. 2) von Z und D muß gleich groß und entgegengesetzt gerichtet mit P, oder die Resultante Z' von P und D gleich groß und entgegengesetzt gerichtet mit Z, oder endlich die Resultante D' von P und Z gleich groß und entgegengesetzt gerichtet mit D sein. Die beiden letzten Formen werden wichtig, wenn man nunmehr eine der beiden Befestigungen A oder B löst. Bei Lösung von A nämlich „bewegt sich der Punkt C einen äußerst kurzen Zeitraum hindurch in der Richtung der aus P und D gebildeten Resultierenden Z', also so, als ob die Kraft Z' wirkte. Es ist in diesem Augenblicke Z' äquivalent der Kraft P (im Verein mit der durch P im Stabe BC hervorgerufenen Druckspannung D), wenn der Drehpunkt B der Stange beibehalten wird. Durch diese Bewegung wird aber sofort auch die Druckspannung D vermindert, weil C sich von B fortbewegt. Daher wird auch im nächsten Augenblick die Richtung der Bewegung von C eine andere werden" (S. 105). Entsprechend bewegt sich bei Festhalten von A und Lösen von B der Punkt C einen Moment so, als ob D' wirkte. Mit leichter Abänderung lassen sich diese Betrachtungen auf den Fall übertragen, wo statt der Stab-Seil-Verbindung eine Verbindung von zwei Stäben oder zwei Seilen benutzt wird.

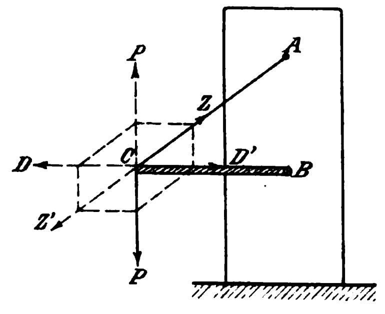


Fig. 2.

Durch die angedeuteten Überlegungen und Experimente ist nun der Boden für das Verständnis der Verhältnisse bei einem um eine Achse drehbaren Körper bereitet. „Auch hier werden durch eine auf den Körper wirkende Kraft Spannungen erzeugt, und diese Spannungen treten stets zu der wirkenden Kraft hinzu, um eine neue Resultierende zu bilden, die wir als äquivalent der gegebenen Kraft ansehen können" (S. 107). Die Ableitung der Äquivalenzbedingung von zwei Drehkräften, die an einem festen scheibenförmigen

Körper MN mit einer zur Scheibe senkrechten festen Achse A angreifen und in der Ebene der Scheibe liegen (nur diesen besonderen Fall behandelt Grimsehl), gestaltet sich hiernach folgendermaßen: Denkt man sich zunächst noch eine zweite feste Achse B in der Scheibe, so geraten die einzelnen Teile von MN durch die Wirkung von C in Spannungszustände; nachdem sich Gleichgewicht hergestellt hat, müssen die in beliebigen Punkten O der Scheibe auftretenden Spannungen x und y nach entgegengesetzten Richtungen gleich sein. Außer von P hängen die Spannungen von der Lage der Punkte A, B, C ab; man kann sich im Falle der Fig. 3 eine Zugspannung Z längs $C \rightarrow A$ und eine Druckspannung D längs $B \rightarrow C$ wirksam denken, „gerade als ob nur ein Seil die Verbindung CA und ein Stab die Verbindung CB herstellte, da die in den einzelnen Punkten herrschenden Spannungen gegenseitig gleich sind" (S. 107). Wie auch die Punkte A, B, C liegen mögen, immer werden wir die eintretenden Vorgänge auf eine der im Fundamentalversuch behandelten Erscheinungen zurückführen können. Löst man also bei Annahme des Falles der Fig. 3 die Befestigung B, so wird infolge der Resultierenden D' der Körper um die Achse A gedreht. „Die Kraft P wird also durch die Kraft D' vollständig ersetzt, d. h. D' ist P äquivalent" (S. 108). Ein solcher Ersatz ist, da der Angriffspunkt C der Kraft nach den einleitenden Versuchen in der Kraftrichtung beliebig verschoben werden kann und die Wahl von B völlig willkürlich ist, auf unendlich vielfache Weise möglich. Hält man A und C fest, so darf man die Richtung von D', nämlich von CB, vorschreiben, kann aber auf dieser Richtung jeden beliebigen Punkt als Angriffspunkt der gesuchten Kraft wählen. Berücksichtigt man, daß auch C in der Kraftrichtung verschoben werden darf, so ergibt sich, daß man die beiden Koordinaten des Angriffspunktes der gesuchten Kraft D' und ihre Richtung vorschreiben kann, daß aber nach getroffener Wahl die Spannungsverteilung und damit auch die Größe von D' eindeutig bestimmt ist.

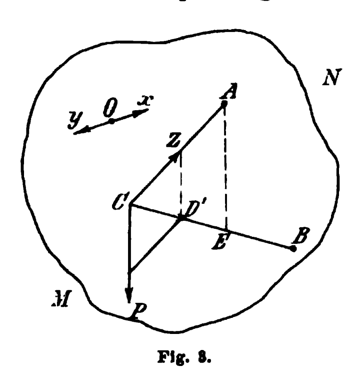


Fig. 3.

Hieran schließt sich die mathematische Formulierung. Die Richtungen der gegebenen Kraft P und der gesuchten D' (Fig. 3) sollen sich in C schneiden. Bei Lösung der willkürlichen Achse kommt, wie vorher auseinandergesetzt wurde, die Resultante D' von Z und P zur Wirkung. Zieht man durch A noch die Parallele AE zur Richtung von P, so folgt durch Benutzung der ähnlichen Dreiecke $CD'P$ und ECA und des Satzes, daß sich in einem Dreiecke die Seiten umgekehrt wie die zugehörigen Höhen verhalten, ohne Mühe die Momentengleichung. Im Anschluß hieran läßt sich dann auch der für den Hebel besonders wichtige Fall, daß die gegebene Kraft P durch eine ihr parallele Kraft P_1 ersetzt werden

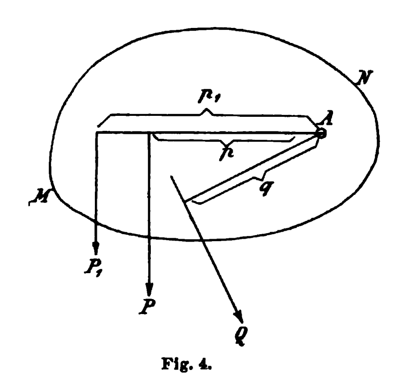


Fig. 4.

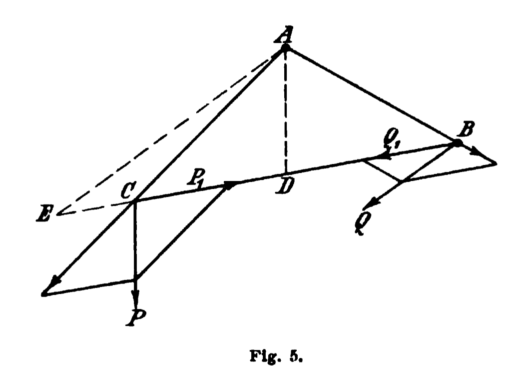


Fig. 5.

soll, durch Einführung einer Hilfskraft Q, deren Richtung die Kraftrichtungen von P und P_1 schneidet, leicht erledigen. Mit Beziehung auf Fig. 4 muß dann sein $P.p = Q.q$; $P_1.p_1 = Q.q$; folglich auch $P.p = P_1.p_1$.

Im Anschlusse hieran möchte ich selbst eine Herleitung der Bedingung für die Äquivalenz von zwei Drehkräften der vorher beschriebenen Art mitteilen, die eine besondere Betrachtung des Falles paralleler Kräfte überflüssig macht. Die Frage lautet: Welche Bedingung muß eine im Punkte B angreifende Kraft Q erfüllen, damit sie P im Gleichgewicht hält? Man zerlege P in zwei Komponenten mit den Richtungen $A \rightarrow C$ und $C \rightarrow B$, Q in zwei Komponenten mit den Richtungen $A \rightarrow B$ und $B \rightarrow C$. Die nach $A \rightarrow C$ und $A \rightarrow B$ fallenden Komponenten erzeugen Spannungen, die durch die von der festen Achse A hervorgerufenen Gegenspannungen aufgehoben werden. Dagegen müssen die beiden übrigen Spannungen P_1 und Q_1 nach entgegengesetzten Richtungen gleich groß sein. Zieht man durch A die Parallelen AD zu P und AE zu Q, so folgt ähnlich wie beim vorigen Beweis (Fig. 5): $P_1 : P = CD : AD = p : p_1$; wenn p und p_1 die Höhen von C und A aus im Dreieck ACD bedeuten und $Q_1 : Q = EB : AE = q : q_1$; wenn q und q_1 die Höhen von E und A aus im Dreieck AEB sind. Da nun nach Fig. 5 $p_1 = q_1$ ist und nach der Bedingung des Gleichgewichtes $P_1 = Q_1$ sein muß, so folgt

$$P \cdot p = Q \cdot q.$$

Am Schlusse seines Aufsatzes wendet Grimsehl die von ihm entwickelten Anschauungen noch auf die **Zusammensetzung paralleler Kräfte** an. Die Angriffspunkte der Parallelkräfte P_1 und P_2 werden längs der Kraftrichtung nach zwei Punkten A und B so verschoben, daß $AB = a$ auf den Kraftrichtungen senkrecht steht (Fig. 6). Die gesuchte, P_1 und P_2 äquivalente Kraft R greife in dem noch zu bestimmenden Punkte C von AB an. Da P_1 und P_2 bei Befestigung der Punkte A und B keinerlei Zugspannung längs AB erzeugen, muß auch die Kraftrichtung des äquivalenten R senkrecht auf AB stehen, denn nur in diesem Falle heben sich die von R in AB nach beiden Seiten hervorgerufenen Zugspannungen auf. Denkt man sich nun das eine Mal A, das andere Mal B als Achse des Körpers MN, so muß im ersten Falle für die Kräfte R und P_2 in Bezug auf die Achse A, im zweiten für R und P_1 in Bezug auf die Achse B der Momentensatz gelten und es folgt

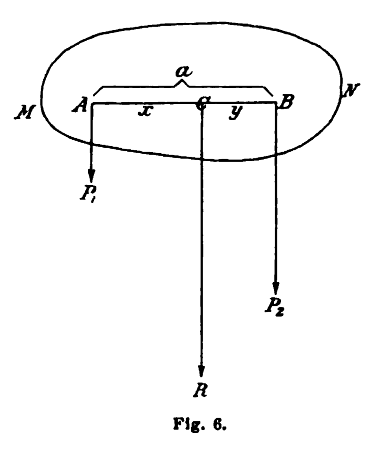


Fig. 6.

$$\begin{aligned} x \cdot R &= P_2 \cdot a \\ y \cdot R &= P_1 \cdot a \\ \text{folglich } x : y &= P_2 : P_1 \\ \text{und } (x + y) \cdot R &= (P_2 + P_1) \cdot a \\ \text{also } R &= P_1 + P_2. \end{aligned}$$

Bei der Berechnung der Resultierenden für zwei parallele Kräfte, die in entgegengesetzter Richtung wirken, ändern sich nur die beiden letzten Gleichungen in

$$\begin{aligned} (x - y) \cdot R &= (P_2 - P_1) \cdot a; \\ R &= P_2 - P_1. \end{aligned}$$

Grimsehl macht ausdrücklich darauf aufmerksam, daß seine Überlegungen von jeder Hypothese über die Art der Raumerfüllung durch einen festen Körper und der Annahme von Kohäsionskräften und dergl. völlig unabhängig sind. Das Dasein von Spannungen ist eben rein experimentell zu begründen. Zugleich tritt bei seiner Ableitung klar die notwendige, aber auch hinreichende Bedingung für die Gültigkeit des Momentensatzes hervor: die von den wirkenden Kräften hervorgerufenen Spannungen dürfen die Elastizitätsgrenze des Körpers nicht übersteigen. „Wenn der Körper sich dauernd verbiegt oder gar bricht, so können wir ihn nicht zur Kraftübertragung benutzen, und mit ihm bricht auch gleichzeitig die Momentengleichung entzwei" (S. 110).

Kleine Mitteilungen.

Zwei neue Wellenmaschinen.

Von **Ph. von Rostowzew** in Warschau.

An verschiedenen Wellenmaschinen wird gewöhnlich nur ein Modell der Welle, nicht die Welle selbst vorgeführt; mir ist es gelungen Maschinen zu konstruieren, welche das Zustandekommen der Welle selbst veranschaulichen.[1]) Die erste Maschine zeigt Entstehung, Fortschreiten und Reflexion der fortschreitenden, sowie die Bildung der stehenden Welle. Sie besteht aus einem Holzbrett von 156 cm Länge und 10 cm Breite, welches an der Decke des Vorlesungszimmers mit Nägeln befestigt ist. In dieses Brett sind 30 kleine Häkchen in Abständen von je 5 cm von einander eingeschraubt; an diesen Häkchen ist ein Netz angebunden, das aus dünnem Faden mit 25 qcm großen Maschen geflochten ist. An dem unteren Rand des Netzes sind 29 Bleikügelchen von 8 cm Durchmesser angehängt. Diese Bleikügelchen bilden eine gerade Linie AB (Fig. 1). Wenn man eines der Endkügelchen schnell einmal hin und her bewegt, so bildet sich eine Transversalwelle, welche nach und nach zum anderen Ende geht, dort reflektiert wird u. s. w. Wenn man ein Endkügelchen fortwährend her und hin bewegt, so erhält man eine stehende Welle.

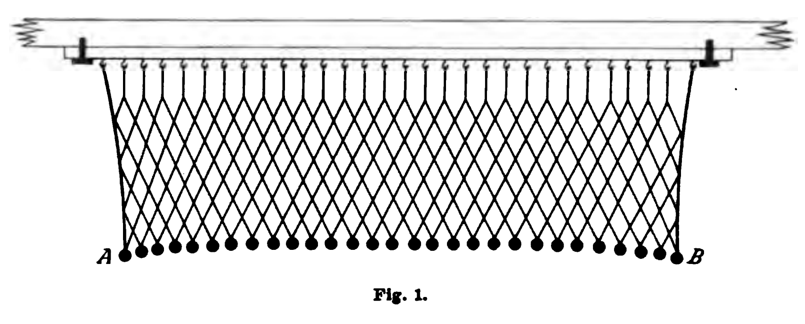


Fig. 1.

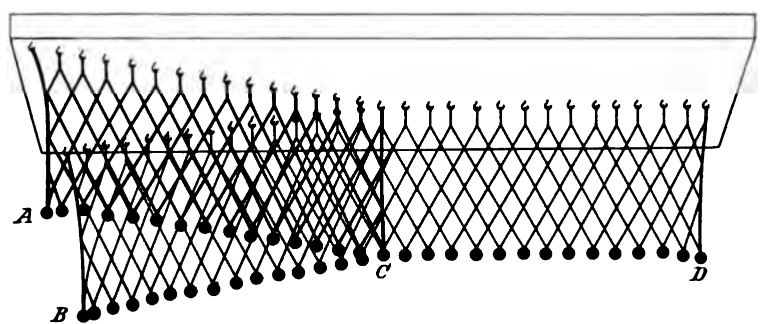


Fig. 2.

Die zweite Wellenmaschine zeigt die Interferenz der Wellen. Sie besteht aus einem Holzbrett von 36 cm Breite und 270 cm Länge, in welches 75 Häkchen eingeschraubt sind; 49 von diesen sind in zwei geraden Linien $A, C,$ und $B, C,$ (Fig. 2) angeordnet, die einen kleinen Winkel mit einander bilden; die letzten 26 Häkchen sind in der Verlängerung der Halbierungslinie dieses Winkels eingeschraubt. An die Häkchen hängt man zwei Netze an. Das eine längere Netz hat 51 Maschen, das andere nur 25. Da, wo die Netze zusammenstoßen, sind sie zusammengebunden. Die unteren Ränder der Netze tragen 73 Bleikügelchen.

Wenn man nun die Kügelchen A und B in Schwingungen mit gleichen Phasen versetzt, so schwingt der Teil CD mit vergrößerter Amplitude; bringt man aber die Kügelchen A

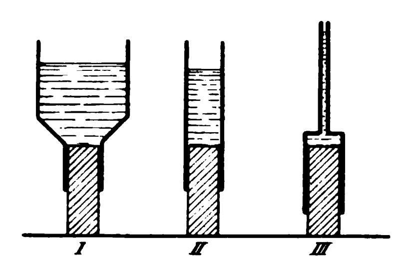
[1]) Die erste oben beschriebene Maschine ist ein wenig der von S. P. Thompson konstruierten ähnlich (vgl. d. Zeitschr. XI 85), die aber speziell zur Demonstration der Resonanzerscheinungen Hertzscher Wellen bestimmt, daher komplizierter eingerichtet ist und aus einzelnen Pendeln besteht, welche mit einander verbunden sind.

und B in Schwingungen mit entgegengesetzten Phasen, so bleibt der Teil CD beinahe ruhig, wenigstens schwingt er mit sehr kleiner Amplitude.

Einfacher Apparat für das hydrostatische Paradoxon.

Von **Dr. A. Hartwich** in Stettin.

Das hydrostatische Paradoxon hört auf paradox zu scheinen, wenn man folgenden Vergleich anstellt. Ein Mensch vom Gewicht G drückt auf den Fußboden des Zimmers mit der Kraft G; sobald er aber mit erhobenem Arm mit der Kraft P gegen die Decke des Zimmers drückt, übt er sofort auf den Fußboden den Druck $G+P$ aus. Dieses leuchtet ohne weiteres allen Schülern ein, kann eventuell zahlenmäßig bewiesen werden, indem man sich auf eine Dezimalwage stellt und mit einer Federwage gegen die Zimmerdecke drückt. Ich stelle nun vor die Schüler drei Blechgefäße (Fig. 1, 2, 3), deren Boden durch einen feststehenden massiven Zylinder gebildet wird; die Blechwände der Gefäße lassen sich an den Zylindern aufwärts und abwärts schieben. Ich fülle nun die Gefäße mit Wasser. In Fig. 1 sinkt die Blechwand an dem Zylinder herab, in Fig. 2 steht die Blechwand still — ein Zeichen dafür, daß das Wasser auf diese Wand nur horizontale, aber keine vertikalen Drucke ausübt —, in Fig. 3 aber bewegt sich das Blechgefäß nach oben; offenbar drückt also das Wasser auf die Deckfläche dieses Gefäßes von unten nach oben, und zwar mit einer recht beträchtlichen Kraft P, da die Reibung zwischen dem Zylinder und dem wasserdicht anschließenden Blechgefäß ziemlich groß ist, und natürlich drückt nun das Wasser auf den Boden (die Zylinderendfläche) mit einer Kraft $G+P$, die größer ist als sein Gesamtgewicht G, ganz ebenso wie vorhin der Mann, der mit den Füßen auf den Fußboden und mit den Armen gegen die Zimmerdecke drückte. Nachdem die Schüler sich so mit Augenschein davon überzeugt haben, daß bei diesem Paradoxon alles mit rechten Dingen zugeht, glauben sie dann ganz willig dem etwas abstrakten theoretischen Beweise für die Größe des Wasserdruckes. — Die drei Gefäße Fig. 1, 2, 3 bekommt man billig bei Max Kohl in Chemnitz[1]).



Der Gebrauch des Variometers im Unterricht.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

Für eine vielseitigere Benutzung des Variometers von v. Hefner-Alteneck (d. Zeitschr. *IX, 123*) empfiehlt es sich, die Kapillare durch ein Hahnrohr zu ersetzen. Will man den Apparat wie bisher verwenden, so kann man diesem Rohre die Kapillare durch ein Schlauchstückchen anfügen. Die mitzuteilenden Versuche verlaufen so schnell, daß man während derselben den Hahn geschlossen halten kann. Bei der Beobachtung der Verschiebung des beweglichen Flüssigkeitsfadens bei geöffnetem Zimmer durch Schließen einer entfernten, auf denselben Korridor führenden Tür mache man auf die Schnelligkeit der Wirkung der mit Schallgeschwindigkeit sich fortpflanzenden Dichteänderung der Luft aufmerksam. Nötigenfalls bedient man sich dabei eines in der offenen Zimmertür stehenden Verbindungsmannes, der die Beendigung der Bewegung der Tür ausruft.

Außer durch Druckänderungen in der ganzen umgebenden Atmosphäre wird der Zeiger des Variometers natürlich auch durch solche im Anzeigeröhrchen beeinflußt, wie sie infolge von Luftbewegungen entstehen. Die Zeigerschwankungen bei windigem Wetter sind daher am offenen Fenster viel stärker. Setzt man auf das Anzeigeröhrchen einen längeren Gummischlauch, dessen Ende man an verschiedene Punkte eines Stromes von Gebläseluft bringt, so kann man durch Änderung der Richtung des Schlauchendes zu der Stromrichtung die treibende und saugende Wirkung zeigen; man hat damit eine Art Drucksonde. Ähnliches sieht man, wenn man das Schlauchende verschiedenartig durch die Luft bewegt.

[1]) *Anm. der Red.* Man vergleiche hierzu den ähnlichen Apparat von A. Höfler, d. Heft S. 257.

Um die Dichteverschiedenheiten der Luft in vertikaler Richtung zu zeigen, genügt es bekanntlich, das Variometer entsprechend zu bewegen. Hierbei wird auch bei richtigem Anfassen des Variometers an seiner Halsöffnung der Flüssigkeitsfaden leicht durch unwillkürliches Neigen verschoben. Man verschließe deshalb das Anzeigeröhrchen oder einen angefügten Schlauch mit den Fingern einer Hand, setze das Variometer so auf eine in anderem Niveau befindliche wagerechte Fläche und kann nach Öffnen an dem in Ruhe befindlichen Variometer die geänderte Dichte der Luft mit größter Sicherheit beobachten lassen. Um größere Dichteverschiedenheiten zu zeigen, setzt man auf das Anzeigeröhrchen einen sehr kurzen Schlauch-Glasstöpselverschluß, läßt das Variometer bei geöffnetem Hahn eine Treppe höher oder tiefer schaffen und nach Schließen des Hahns zurückbringen. Beim Fortnehmen des Röhrchenverschlusses sieht man die bedeutende Verschiebung des Index. Um die ungleiche Dichte anderer Gase als Luft zu zeigen, setzt man eine 1—2 m lange Glasröhre an einen Gummischlauch, füllt mit leichterem, dann mit schwererem Gase und verbindet den Schlauch mit dem Anzeigeröhrchen des Variometers. Nun bringt man die lange Röhre aus ihrer bisher ziemlich wagerechten Lage in die senkrechte nach oben und nach unten, beobachtet die Indexverschiebungen und läßt sie von den Schülern erklären.

Zum Nachweis der Erwärmung bezw. Abkühlung der Luft bei Volumänderungen schließt man wieder das Anzeigeröhrchen mit den Fingern, verdichtet oder verdünnt die Luft im Variometer unter Benutzung eines auf das Hahnrohr geschobenen Schlauches und läßt bei geschlossenem Hahn einige Sekunden lang die Temperatur sich ausgleichen. Dann wird der Hahn geöffnet, nach einigen Sekunden das Anzeigeröhrchen freigegeben und der Hahn wieder geschlossen. Selbst wenn man mit diesem Abschluß 15 Sekunden zögert, wird der Index bis ans Knie des Anzeigeröhrchens getrieben.

Zu objektiver Vorführung stellt man ein Anzeigeröhrchen mit Flüssigkeitsfaden mittels Stativs vor den Projektionsapparat und verbindet es durch einen langen Schlauch mit dem Anzeigeröhrchen des Variometers. Selbsthergestellte Variometer, aus einer mit Wolle in Kiste oder Karton bis an die Halsöffnung dicht verpackten Flasche bestehend, zeigen auch unfern des Projektionsapparates nur sehr langsamen Einfluß der Wärme. Nach jedem Versuche stellt man durch Öffnen des Hahns im Variometer den äußeren Druck wieder her.

Ein Kryophor.

Von **E. Grimsehl** in Hamburg.

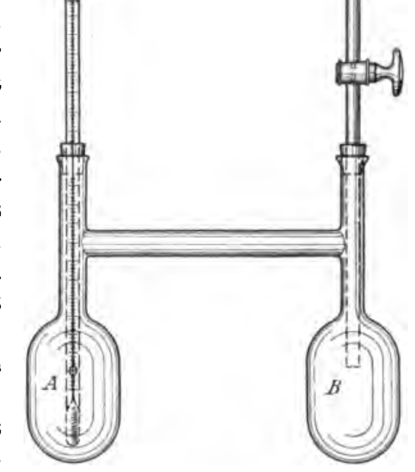
Der im folgenden beschriebene Kryophor gestattet, die Erscheinung des Siedens bei niedriger Temperatur und niedrigem Druck in bequemer Weise zu zeigen.

Der Apparat besteht aus zwei birnförmigen Glasgefäßen A und B von ungefähr je 100 ccm Inhalt mit daran geblasenem zylindrischen Halse von 1,2 cm Durchmesser und 8 cm Länge. In ungefähr halber Höhe des Halses sind die Gefäße durch ein 1,2 cm dickes und 15 cm langes Glasrohr mit einander verbunden. Beide Gefäße sind durch einen einfach durchbohrten Gummistopfen verschlossen. Durch den Stopfen des Gefäßes A geht ein von -10 bis $+110^0$ reichendes Stangenthermometer. Durch den Stopfen des Gefäßes B geht ein Hahnrohr, an welches oben ein Trichter angeschmolzen ist. Das Thermometer reicht bis fast auf den Boden des Gefäßes A, das Hahnrohr geht bis zu $^2/_3$ Höhe in den erweiterten Teil des Gefäßes B hinein.

Zur Ausführung der Versuche über das Sieden bei niedriger Temperatur wird das Doppelgefäß mit dem horizontalen Verbindungsrohr in ein Bunsensches Stativ geklemmt und zwar so hoch, daß die klein gehaltenen Flammen zweier Bunsenbrenner den Boden der beiden Gefäße gleichmäßig erhitzen, nachdem man beide Gefäße zu ungefähr der Hälfte mit destilliertem (nicht kalkhaltigem[1]) Wasser gefüllt hat. Es ist empfehlenswert, in das Wasser des Gefäßes A zur Verhinderung des Siedeverzuges ein Ende Draht oder etwas groben Sand

[1]) Aus kalkhaltigem Wasser setzt sich der kohlensaure Kalk beim Sieden des Wassers teilweise ab. Wenn dann später Schwefelsäure in das Gefäß kommt, entwickelt sich Kohlensäure, wodurch das Vakuum verdorben wird.

hineinzutun. Darauf wird das Wasser in beiden Gefäßen durch die untergesetzten Bunsenflammen zum lebhaften Sieden gebracht. Dabei sitzen die beiden Gummikorken ganz lose auf den Flaschenhälsen, so daß die entwickelten Wasserdämpfe bequem entweichen und auch alle in den Gefäßen enthaltene Luft mitreißen können. Nachdem ungefähr die Hälfte des Wassers in beiden Gefäßen verdampft ist, schließt man zuerst den Stopfen in A und treibt dadurch auch die letzten Spuren Luft aus dem Verbindungsrohr, darauf wird auch der Stopfen in B festgesetzt und einen ganz kurzen Moment der Dampf durch das Hahnrohr bei geöffnetem Hahn geleitet, damit auch hieraus die Luft entfernt wird. Das darf man aber nicht so lange tun, bis die Hahnschmiere im Hahn völlig flüssig wird, da es sonst ganz unmöglich ist, auch beim besten Hahnschliff, den Hahn dicht zu halten. Nunmehr schließt man den Hahn und entfernt beide Flammen am einfachsten dadurch, daß man das ganze Stativ mit dem Kryophor von den Flammen zurückschiebt. Nun ist der Apparat für die folgenden Versuche vorbereitet:



Sieden bei niedriger Temperatur. Läßt man den Apparat an der freien Luft abkühlen, so siedet das Wasser in beiden Gefäßen immer noch fort, während man am Thermometer die niedrige Temperatur abliest. Taucht man das Gefäß B in kaltes Wasser, indem man von unten her ein Becherglas mit kaltem Wasser so in die Höhe hebt, daß B eintaucht, so hört das Sieden in B auf, während es in A stürmisch erfolgt, wobei gleichzeitig ein rasches Fallen des Thermometers eintritt. Kühlt man in derselben Weise A ab, so siedet das Wasser in B, während gleichzeitig in A das Thermometer sinkt. Das lebhafte Sieden hört auf, wenn das Thermometer etwa 30° zeigt. Manchmal gelingt es dann noch, durch Aufgießen von Schwefeläther ein erneutes Sieden hervorzurufen, besonders wenn man mit einem harten Gegenstande gegen die Glaswand (nicht zu kräftig) schlägt. Ich habe noch bei 15° lebhaftes Aufwallen erhalten, doch gelingt das nicht immer. Daß aber auch bei noch niedrigerer Temperatur Dampfentwickelung und Destillation eintritt, kann man zeigen, wenn man alles Wasser durch Neigen des Apparates in das Gefäß A bringt und durch vorsichtiges Erwärmen des Gefäßes B das Gefäß auch im Innern vollständig trocknet. Wenn man dann einige Tropfen Äther auf B tröpfelt, kondensieren sich sofort die Dämpfe hierin, und das kondensierte Wasser sammelt sich am Boden von B, während das Thermometer in A sinkt.

Gefrieren des Wassers durch eigene Verdunstung. Nachdem man aus B alles Wasser nach A gebracht hat, und nachdem das Thermometer in A zeigt, daß hier das Wasser auf Zimmertemperatur abgekühlt ist, füllt man den Trichter auf dem Hahnrohr mit konzentrierter Schwefelsäure. Etwaige unterhalb des Trichters oberhalb des Hahnes sitzende Luftblasen entfernt man durch Klopfen oder dadurch, daß man von oben her ein dünnes Glasstäbchen (durch Ausziehen eines Glasrohres erhalten) in das Rohr führt. Hiernach öffnet man den Hahn recht vorsichtig und gießt in demselben Maße, wie die Schwefelsäure unten nach B tropfenweise fließt, oben frische Schwefelsäure nach, bis das Gefäß B bis ungefähr ein Drittel gefüllt ist. Darauf schließt man den Hahn wieder. Man beobachtet schon bei ruhigem Stehen des Apparates ein weiteres Sinken der Temperatur in A. Wenn man aber den Apparat aus dem Stative herausnimmt und schüttelt, sodaß die Glaswandungen von B völlig mit Schwefelsäure bedeckt sind, so sinkt das Thermometer innerhalb einer halben Minute bis auf Null. Gewöhnlich sinkt es sogar noch bis auf 5—6 Grad unter Null, worauf eine plötzliche Eisbildung im ganzen Gefäße A erfolgt, während das Thermometer bis auf Null steigt. Gleichzeitig mit dem Sinken der Temperatur in A erfolgt eine durch die Kondensation des Wassers in B und die Verbindung des Wassers mit der Schwefelsäure in B ver-

ursachte starke Erwärmung in *B*, welche man am bequemsten durch das Gefühl nachweisen kann.

Bemerkt mag noch werden, daß man vor Einfüllen der Schwefelsäure das starke Anschlagen des Wassers an die Gefäßwände (Wasserhammer) wegen des fehlenden elastischen Luftpolsters zeigen kann.

Da der Apparat vor den Augen der Schüler während der Unterrichtsstunde mit Wasser gefüllt und ausgekocht wird, so erscheint schon aus diesem Grunde der Apparat geeignet zur Demonstration der angegebenen Versuche.

Zum Schlusse möge noch erwähnt werden, daß viele Schüler Gelegenheit haben, die Erscheinung des Siedens bei niederer Temperatur beim Sterilisieren der Milch nach dem Soxhletschen Verfahren im Haushalte zu beobachten. Die Milch in den Soxhlet-Flaschen siedet noch lange Zeit, nachdem das Gestell mit den Flaschen aus dem siedenden Wasserbade zum Abkühlen zur Seite gestellt ist.[2])

Apparat für die spezifische Wärme.

Von **Joh. Kleiber** in München.

Herr Prof. Dr. H. Schoentjes hat in dieser Zeitschrift (XIV 31) unter obigem Titel einen Apparat angegeben, der einem großen Auditorium die Verschiedenheit der spezifischen Wärmen von *Fe*, *Sn*, *Pb*, *Messing* zu zeigen gestattet. Dabei werden gleichgroße, gleichschwere, m gleichen Bad vorgewärmte zylindrische Stäbe aus diesen Metallen auf eine Paraffinscheibe gesetzt und die Tiefe des Einsinkens beobachtet. Der Versuch kann als eleganter Vorlesungsversuch bezeichnet werden, aber das stets nötige Umschmelzen der Paraffinscheibe ist lästig. Man kann es umgehen, wenn man statt der Paraffinscheibe vom nächsten Restaurant sich einen der bekannten Kunsteisblöcke verschafft und auf ihn die erhitzten Metallzylinder stellt. Es empfiehlt sich auch, die Metallzylinder mit einer gut sichtbaren farbigen Teilung zu versehen, um auch auf die Ferne Ablesung der Sinktiefe zu ermöglichen. Sehr vorteilhaft ist, sich aus ganz dünnem Messingblech einen mit den anderen Zylindern gleichgroßen Hohlkörper herstellen zu lassen, der, mit dem Badewasser gefüllt, als „Wasserkörper" gelten kann. Wegen der Größengleichheit der Zylinder faßt dieser Wasserkörper an Gewicht nur etwa den achten Teil — es empfiehlt sich nur $^1/_{10}$ zu nehmen, um runde Zahlen zu erhalten. Die Sinktiefe des Wasserkörpers ist dann, trotzdem nur $^1/_{10}$ Gewicht benutzt wird, ziemlich gleich derjenigen des Eisenzylinders.

Einen Vorteil hat die Benutzung dieses Hohlkörpers noch in dem Sinne, daß man auch die spezifischen Wärmen von Flüssigkeiten demonstrieren kann. Zu dem Ende ist es am besten, sich gleich mehrere solcher Hohlzylinder anfertigen zu lassen und beim Versuch mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt zu verwenden.

Um ein möglichst reinliches Arbeiten zu ermöglichen, wird man den benutzten Eisblock innerhalb einer Blechwanne auf zwei gleichhohe Holzlattenabschnitte stellen und jene Stellen, worauf die Zylinder wirken sollen, vorher in vertikaler Richtung mit einer heißen Stricknadel durchbohren. Dies ermöglicht einen bequemen Abfluß des Schmelzwassers.

Der Eisklotz gibt gleichzeitig Anlaß, die Schmelzwärme des Eises nach der Blackschen Methode zu bestimmen. Man wärmt 1 Kilogrammstück aus Eisen auf 40° im Bad, trocknet die Oberfläche des Eisklotzes vorsichtig ab, setzt das Gewichtsstück dann auf. Dies gibt rund 50 g Schmelzwasser, welche mittelst eines abgewogenen Schwämmchens ausgetupft wurden.

Hat man neben dem Eisblock noch einen Paraffinblock zur Verfügung, so hat man ierauf noch Gelegenheit, die Schmelzwärmen beider Körper zur Demonstration zu bringen. Zu dem Ende setzt man zwei gleicherweise vorgehitzte Kilogrammstücke oder zwei der mit dem Badewasser gefüllten Hohlzylinder zur selben Zeit auf den Eis- bezw. Paraffinblock. Die Einschmelztiefen sind nicht viel verschieden, doch konstatiert man leicht, daß der in den Paraffinblock eingesunkene Probekörper nur ungefähr die Hälfte seiner

---

[2]) Der Kryophor ist von A. Krüss, Hamburg, Adolfsbrücke zu beziehen.

Wärme abgegeben hat, daß demnach die Schmelzwärme des Paraffins nur rund $^1/_3$ so groß ist als die des Eises.

Die Firma Leybold Nachfolger (Köln), welche von Herrn Prof. Dr. Schoentjes die Ausführung seines Apparates übernommen hat, wird jedenfalls auch die hier vorgeschlagenen Hohlkörper zu liefern gewillt sein.

Ueber die Anbringung des Heliostaten.

Von **Gg. Heinrich** in Neustadt a. d. H.

Für die Anbringung des Handheliostaten, und nur von diesem soll hier die Rede sein, empfiehlt Weinhold (Dem. 3. Aufl. S. 11), durch die Mauer des Auditoriums ein Loch brechen zu lassen und in diesem den Heliostaten zu befestigen. Diese Art der Aufstellung ist gewiß recht praktisch und bequem. Nun hatte ich aber nicht das Glück, diese Vorrichtung in einem der drei physikalischen Kabinette, in denen ich bislang zu tun hatte, vorzufinden. In einem Auditorium war der Heliostat an dem Laden der Verfinsterung angebracht und ich muß das Urteil Weinholds bestätigen, daß diese Art der Befestigung gar manche Nachteile hat. Zudem hat überhaupt die Verdunkelung durch Läden erhebliche Nachteile gegenüber der Verdunkelung durch Rouleaux aus Filztuch (Weinhold, a. a. O. S. 5).

An den meisten Mittelschulen wird wohl das physikalische Kabinett nicht eigens für seinen Zweck gebaut, sondern aus einigen schon vorhandenen Räumen gebildet sein. Es wird daher oft mit Schwierigkeiten verknüpft sein, nachträglich an geeigneter Stelle ein entsprechendes Loch in der Mauer des Auditoriums anbringen zu lassen. Häufig wird auch ein Heliostat, vielleicht von einer früheren Ladenverfinsterung her, vorhanden sein, der schon durch seine Abmessungen es verbietet, ihn in einem Mauerloch zu befestigen. So ging es mir in meinem jetzigen Kabinett. Ich fand eine Weinholdsche Verdunkelungseinrichtung vor und einen Handheliostaten.

Für die Aufstellung dieses Heliostaten war keine Vorrichtung da. Ich habe mir nun in folgender Weise geholfen. Ich ließ ein Holzgestell anfertigen, welches Fig. 1 von vorn, Fig. 2 von der Seite zeigt.

Dieses Gestell wird mittels der Schrauben C_1 C_2 auf dem Fensterbrett angeschraubt und zwar so, daß das Filzrouleau der Verdunkelung an dem Vorderbrett DD vorbeigeht. In das Rouleau ist ein viereckiges Loch geschnitten von der Größe des Ausschnittes $EFGH$ im Gestell. In diesen Ausschnitt nun wird der Heliostat eingesetzt. Dabei greift das Tragbrett des Heliostaten in den Ausschnitt $EFGH$ ein und legt sich an die beiden Leisten K und L des Gestells an. Der überragende Rand des Tragbrettes aber legt sich an das Vorderbrett DD des Gestells an, wobei das Filzrouleau zwischen dem Rande und DD eingeklemmt wird. Die Schrauben N greifen in entsprechende Löcher im Heliostaten; darauf geschraubte Flügelmuttern halten den Heliostaten fest. Der Übelstand, daß der eine Fensterflügel bei den Versuchen ausgehängt werden muß, läßt sich durch Anbringen eines Schiebfensterchens beheben.

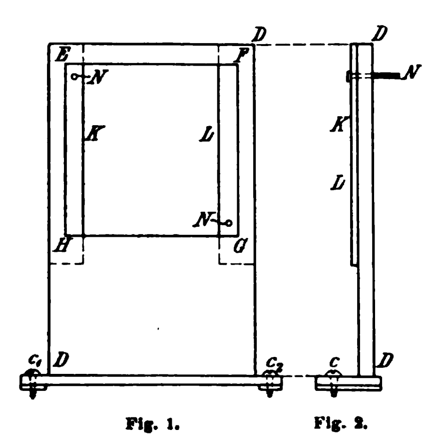


Fig. 1. Fig. 2.

Das viereckige Loch im Filzrouleau muß für andere Zwecke der Verdunkelung lichtdicht geschlossen werden können.

Ich erreichte dies dadurch, daß ich das Loch mit einem größeren Stück Tuch bedeckte und dieses mit Druckknöpfen, wie solche jetzt zum Schließen von Handschuhen u. s. w. ver wendet werden, auf dem Filz befestigte. Diese Druckknöpfe geben einen recht guten Abschluß. Außerdem läßt sich das Tuch rasch abnehmen, wenn der Heliostat benutzt werden soll; ebenso ist es leicht wieder anzubringen. Beim Aufrollen der Filzrouleaux rollen sich die Druckknöpfe und das dadurch gehaltene Tuch ganz gut mit ein.

Die beschriebene Vorrichtung, die nur geringe Kosten verursacht, wird sich in ähnlichen Fällen den gegebenen Bedingungen wohl leicht anpassen lassen.

Bestimmung der Wellenlänge des Lichts.

Von Prof. H. O. G. Ellinger in Kopenhagen.

Im vorigen Jahrgang (S. 238) wird über einen Apparat zur Messung der Wellenlänge des gebeugten Lichts von Prof. Dr. Pfeiffer berichtet und in demselben Jahrgang (S. 346) teilt Dr. Ed. Hoffmann die Einrichtung eines Apparates mit, den er früher als Pfeiffer beschrieben hat, und der dem Pfeifferschen Apparate zu Grunde liegt. Ich erlaube mir hinzuzufügen, daß die erwähnte Bestimmung gar keinen Apparat erfordert, sondern sehr gut mit einem so einfachen Mittel wie einem Meßstabe oder einer Meßschnur ausgeführt werden kann.

Man stellt sich in einen gewissen Abstand von einem Bunsenbrenner, in welchem man ein Salz auf einem kleinen Platinlöffel zu Verflüchtigung bringt, z. B. Chlornatrium oder Chlorlithium oder beide auf einmal (dem Chlornatrium entgeht man ohnehin schwer, wenn man auch allein Chlorlithium benutzt). Man hält das Gitter dicht vor das Auge und sieht dann außer der Flamme selbst eine Reihe Bilder derselben, um so weniger zahlreich und um so weiter von einander entfernt, je weiter man von dem Brenner weggeht; am besten nimmt man einen schwarzen Hintergrund für die Bilder, wenn der Versuch nicht in einem verdunkelten Zimmer gemacht wird (was nur nötig ist, wenn man mit weniger leuchtenden Flammen arbeitet). Vermittelst eines Gehülfen kann man nun leicht eine Reihe Messungen des Abstandes vom Auge (Gitter) bis zur Flamme und von dieser seitwärts bis zu den Bildern vornehmen. Hieraus läßt sich dann die Wellenlänge berechnen. Bezeichnet λ die Wellenlänge, s die Gitterkonstante, A den Abstand Gitter — Flamme, a den Abstand Flamme — erstes Bild, so hat man sehr annähernd

$$\lambda : s = a : A, \; \lambda = \frac{s\,a}{A}.$$

Hat man sowohl Lithium als Natrium in der Flamme, so sieht man sowohl gelbe als rote Seitenbilder, die ersten dichter an einander als die letzten, und man beobachtet leicht die Übereinstimmung zwischen Theorie und Versuch, was die Abstände anbelangt.

Auf diese Weise lasse ich die Laboranten (forstwirtschaftliche und geodätische Studierende) im Übungskursus der landwirtschaftlichen Hochschule Kopenhagens die Bestimmung machen, bevor sie mit dem Spektrometer arbeiten. Das Gitter ist ein Glasgitter mit der Konstante 0,006 mm. Die Breite des Strichenareals ist 1 cm, und es gehen 500 Striche auf je 3 mm. Ich setze ein paar Bestimmungen, die die Laboranten gemacht haben:

1. Natrium-Licht, Wellenlänge $589 \cdot 10^{-6}$ mm.

   $A = 176$ cm, $a = 17^1/_2$ cm gibt $\lambda = 597 \cdot 10^{-6}$ mm.
   $A = 622$ cm, $a = 61$ cm gibt $\lambda = 588 \cdot 10^{-6}$ mm.
   $A = 640$ cm, $a = 63$ cm gibt $\lambda = 591 \cdot 10^{-6}$ mm.

2. Lithium-Licht, Wellenlänge $671 \cdot 10^{-6}$ mm.

   $A = 212$ cm, $a = 24$ cm gibt $\lambda = 679 \cdot 10^{-6}$ mm.
   $A = 293$ cm, $a = 33$ cm gibt $\lambda = 675 \cdot 10^{-6}$ mm.
   $A = 617$ cm, $a = 69$ cm gibt $\lambda = 671 \cdot 10^{-6}$ mm.

Wie man sieht: sehr schöne Bestimmungen mit den einfachsten Mitteln. Selbstverständlich kann man sich die Messungen auch bequemer einrichten; notwendig sind derartige Apparate jedoch nicht, um gute Bestimmungen zu bekommen, und das Einfache hat seinen großen pädagogischen Vorzug.

Man kann, wenn eine optische Bank zur Verfügung steht, das Gitter auf einem Stativ an derselben aufstellen und an einem Ende (am Nullpunkte der Teilung) quer über die Bank und senkrecht dazu eine schwarze Platte mit einem senkrechten Spalt aufstellen. Die Lichtquelle wird dann hinter diesen Spalt gesetzt. Dann ist es auch bequem, auf der Platte eine weiße Meßskala in wagerechter Richtung in der Höhe des Spalts anzubringen, um die Lage der Beugungsbilder abzulesen.

Stellt man hinter dem Spalt eine leuchtende Gasflamme oder ein elektrisches Bogenlicht auf, oder läßt man das Himmelslicht durch sie eintreten, so sieht man zu den Seiten des Spalts schöne Spektra der verschiedenen Ordnungen und man kann einige Bestimmungen der Wellenlängen der verschiedenen Strahlen vornehmen.

Ich füge noch hinzu, daß man, indem man die Hälfte des Spaltes mit durchsichtigen, farbigen Substanzen bedeckt, sehr hübsch die Absorption — ohne Spektralapparat — beobachten kann.

Gleichzeitige Demonstration von Totalreflexion und Lichtstrahlenkrümmung.

Von Dr. **R. Halben**, Assistent an der Kgl. Univ.-Augenklinik, Greifswald.

Um einem größeren Hörerkreis gelegentlich eines Vortrages über den Strahlengang in einer pathologisch alterierten Krystalllinse den gekrümmten Verlauf des Lichtes in Medien von stetigem Brechungsindexgefälle zu demonstrieren, überschichtete ich in einem kleinen, rechtwinklig parallelepipedischen planparallelwandigen Glastrog eine erstarrte 10 %-ige Gelatinelösung vom Brechungsindex 1,35 mit einer der Erstarrung nahen gleichstarken Lösung der gleichen Gelatine, deren Brechungsindex durch einen Zusatz von 50 % Zucker auf etwa 1,8 erhöht war, und ließ in kaltem Wasser erstarren Ich erhielt dann um die ursprüngliche horizontale Grenzebene herum eine mit der Fortdauer des Diffusionsvorganges an Dicke zunehmende Zone kontinuierlichen stetigen, in allen Vertikalen gleichen Indexgefälles von oben nach unten. Lenkte ich dann ein schmales horizontales Band parallelen Lichtes von der Schmalseite des Troges her auf diese Übergangszone, so sah man von der Seite her dieses Lichtband sich nach oben krümmen, an der Oberfläche der Zuckergelatine gegen Luft totalreflektiert wieder in die Gelatine tauchen und als nach oben konkaven Lichthängebogen von neuem gegen die Oberfläche gelenkt werden, und so fort. Das Verhältnis von Lichtintensität zur Trübheit der Gelatine begrenzt die Zahl dieser Bögen. Vor der eleganten Versuchsanordnung Macé de Lépinays und Perots, der ähnliche Lichthängebogen durch Diffusion von Wasser gegen Alkohol in einem 1 m langen Trog erzeugt, hat diese Anordnung den Vorzug, daß man erstens bei den starken Indexdifferenzen von 1,35 bis 1,80 viel stärkere Krümmungen erhält — ich hatte z. B. Bogen von etwa 1,5 cm Höhe über einer Sekante von 4—5 cm Länge — zweitens mit ganz kleinen Trögen, von etwa 20 cm Länge und weniger, bequem auskommt, drittens die Diffusionströge mit der erstarrten Gelatine transportabel sind und die optische Schichtung bei der Langsamkeit des Diffusionsvorganges 1/4 bis 2 Tage für die Demonstration gekrümmter Strahlen genügend haltbar bleibt. Ist ein Diffusionsausgleich eingetreten, so braucht man nur von der vorrätig gehaltenen Gelatinelösung neu zu überschichten, erst zuckerlose und dann zuckerhaltige, um eine neue parallel- und horizontalschichtige Diffusionszone mit dem Höchstindex an der freien Oberfläche zu erhalten.

In entsprechender Weise kann man sich natürlich auch stark gekrümmte Lichtschlangenbögen herstellen, wenn man Zuckergelatine zwischen zuckerlose einschaltet.

Das Lösen der Gelatine auf dem Wasserbade unter häufigerem Umrühren ist natürlich eine Unbequemlichkeit, die aber durch die Vorzüge des Verfahrens wohl aufgewogen wird. Wendet man einige aseptische Kautelen an — Verschluß des Glaskolbens durch einen Wattepfropf, der nur während des Gießens abgenommen wird — so halten sich die Gelatinelösungen lange Zeit gebrauchsfertig. Die erforderlichen Glaströge kann man sich leicht aus Platten und Klebwachs zusammensetzen. Das ganze Verfahren ist auch für Institutsdiener erlernbar*).

*) *Literatur:*

O. Wiener, Darstellung gekrümmter Lichtstrahlen und Verwertung derselben zur Untersuchung von Diffusion und Wärmeleitung. Annal. d. Phys. u. Chem. 49. Leipzig 1893.

J. Macé de Lépinay et A. Perot, Contribution à l'étude du mirage. Ann. de chim. et de phys. 6. sér. A. XXVII. 1892.

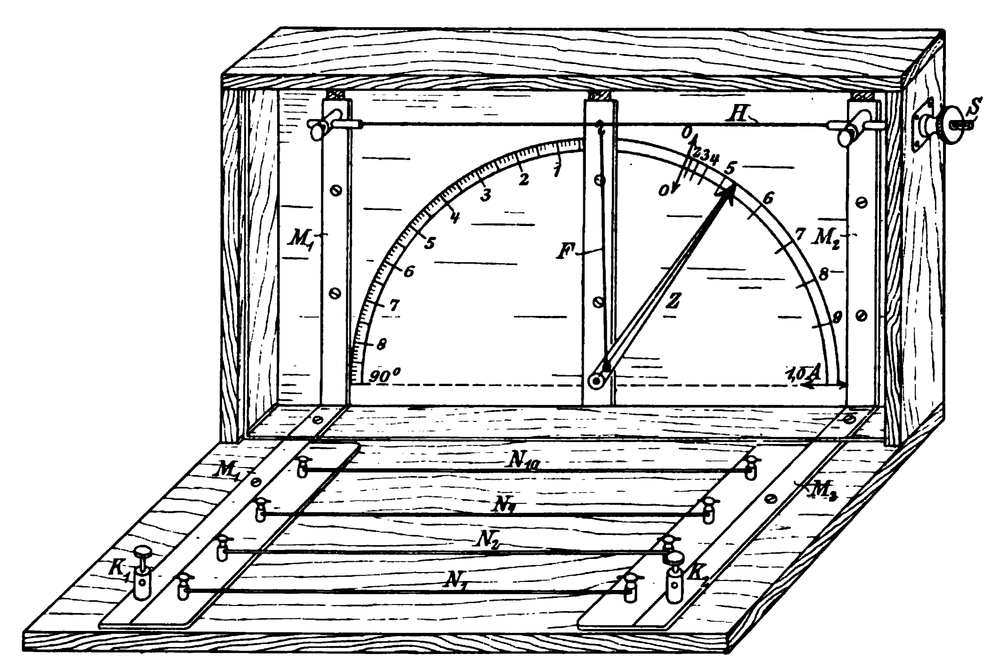
A. Leick, Über künstliche Doppelbrechung und Elastizität von Gelatineplatten. Inaug.-Diss. Greifswald 1903.

Ein Hitzdrahtapparat mit Nebenschlüssen.

Von Prof. E. Grimsehl in Hamburg.

Hitzdrahtapparate für den Schulunterricht sind schon mehrfach konstruiert. Der vorliegende unterscheidet sich von den mir bekannten durch die an demselben angebrachten Nebenschlüsse. Aus der Figur geht die Konstruktion des Apparates mit genügender Deutlichkeit hervor, sodaß nur wenige Worte zur Beschreibung genügen.

Auf der dem Beschauer abgewandten Seite eines ca. 35 × 12 cm großen Grundbrettes erhebt sich ein vertikaler Holzkasten mit Glasscheibe auf der Vorderseite. Die Oberseite des Kastens ist um ein Scharnier zurückzuklappen, und dann kann man die Glasscheibe, die in einer Nute der Seitenwände gleitet, herausziehen. Hierdurch wird die ganze Hinterwand zugänglich. Auf dieser sind drei vertikale Messingschienen aufgeschraubt. Die mittlere Schiene trägt auf ihrem unteren Ende die Achse für einen leicht drehbaren Zeiger Z. Die beiden seitlichen Schienen M_1 und M_2 sind am unteren Ende rechtwinklig umgebogen und verlängern sich bis auf das untere Grundbrett, wo sie mit einigen Schrauben festgeschraubt sind. Auf dem vorderen Ende der horizontalen Schienen M_1 und M_2 sind zwei Stromzuleitungsklemmen K_1 und K_2 angebracht. Das obere Ende der vertikalen seitlichen Schienen



trägt zwei Messingklemmen, zwischen denen der Hitzdraht H, ein Neusilberdraht von 2 Ω Widerstand ausgespannt ist. Zu dem Zwecke sind die abgemessenen Drahtenden in Messingstäbchen eingelötet, von denen einer an der linken Klemme festgeschraubt ist. An der rechten Seite ragt das Messingstäbchen durch die Seitenwand des Holzkastens hindurch. Auf dieses Ende ist ein Gewinde geschnitten; eine hierauf geschraubte Rändelkopfschraube S gestattet, den Hitzdraht beliebig zu spannen, worauf er dann durch die auf der Messingschiene M_2 sitzende Klemmschraube festgeklemmt wird. In der Mitte des Hitzdrahtes hängt ein kleines Häkchen aus dünnem Messingdraht, an das das eine Ende eines dünnen Fadens F geknüpft ist. Das andere Ende dieses Fadens ist mittels einer kleinen Öse an einem in der Nähe der Zeigerachse auf dem Zeiger angebrachten Stift befestigt.

An die horizontalen Messingschienen auf dem Grundbrette sind 15 mm breite Messinglappen gelötet, in die je 4 Stöpsellöcher für je einen Stöpsel gebohrt sind. Zwischen den Stöpseln sind Neusilberdrähte von genau derselben Länge und Dicke, wie sie der Hitzdraht besitzt, ausgespannt. Die Enden dieser Drähte sind an die Stöpsel angelötet.

Zwischen den Stöpseln des ersten Stöpselpaares ist ein Draht, beim zweiten Paar sind 2, dann 4 und beim hinteren Stöpselpaare 10 Neusilberdrähte parallel ausgespannt. Man kann jedes Paar Stöpsel entweder allein oder parallel mit den übrigen in die Schienen des Apparates, also parallel dem Hitzdraht einschalten.

Die auf der Hinterwand des Apparates aufgeschraubten 3 Messingschienen tragen Nuten, in welche zwei Stücke Karton eingeschoben werden können. In der Figur ist links ein Karton mit Gradeinteilung, rechts ein solcher mit geeichter Ampèreteilung gezeichnet, jedoch kann man diese Kartons ganz nach Belieben ohne Mühe herausnehmen und durch andere ersetzen. Ich habe diese Anordnung deshalb getroffen, damit man den Apparat benutzen kann, um ihn bei Schülerübungen durch die Schüler selbst eichen zu lassen. Die Eichungsskalen der Schüler werden dann aufbewahrt und mit den sorgfältig angefertigten Eichungsskalen verglichen. Man kann auch eine Spannungsskala zum Apparate herstellen und ihn dann als Voltmeter benutzen. Durch die Nebenschlüsse N_1—N_{10} kann man den Messungsbereich auf das Zwanzigfache der geeichten Skala erhöhen. Es steht natürlich nichts im Wege, irgend welche Nebenschlüsse von noch geringerem Widerstande einzustöpseln und so den Apparat fast ins Unbegrenzte (soweit die Messingschienen es aushalten) zu verwenden. Gerade die Übersichtlichkeit der Nebenschlüsse ist geeignet, den Schülern die Wirkung solcher Nebenschlüsse auch bei anderen Apparaten (z. B. Galvanometern u. a.) klarzumachen.

Man kann den Zeiger sowohl für die rechte, wie für die linke Seite benutzen, indem man ihn einfach auf die betreffende Seite legt.

Die Übertragung der Durchbiegung des Hitzdrahtes auf die Bewegung des Zeigers habe ich der Einfachheit der Konstruktion halber so angeordnet, wie gezeichnet, obgleich dadurch das Übertragungsgesetz der Bewegung nicht so einfach ist, wie bei Anwendung einer Rolle und einer spannenden Feder oder eines spannenden Gewichts. Es ist natürlich ein leichtes, statt dieser gewählten Übertragung eine andere anzuordnen, doch ziehe ich bei Demonstrationsapparaten die Einfachheit der Konstruktion vor.

Die Schraube S gestattet, die Einstellung des Zeigers auf Null bei Beginn einer Messungsreihe zu justieren, da ja die Zeigerstellung außer von der Stromstärke auch von der Zimmertemperatur abhängt[1]).

Eine einfache Demonstration der scheinbaren Widerstandszunahme von Elektromotoren beim Anlaufen.

Von **W. Biegon von Czudnochowski** in Berlin.

Die scheinbare Widerstandsänderung eines Motors, die von der elektromotorischen Gegenkraft herrührt, läßt sich in sehr einfacher und schlagender Weise mit weit größerer Deutlichkeit demonstrieren als mit einem Ampèremeter oder Galvanometer, wenn man den Motor mit einer Glühlampe in Reihe schaltet; bei passender Wahl dieser hinsichtlich ihrer Normalspannung im Verhältnis zur Motornormalspannung und ebenso der Betriebsspannung für den Versuch sind die auftretenden Helligkeitsunterschiede sehr stark.

Vorbedingung ist aber das Vorhandensein eines „richtigen“ Motors, d. h. eines solchen, der im Aufbau und Anordnung den in der Technik verwendeten Motoren entspricht; dazu gehören vor allen Dingen angemessene Abmessungen und Wickelung der Feldmagnete im Verhältnis zum Anker, ferner, daß der letztere selbst allseitig symmetrisch und mit mehrteiligem Kollektor versehen ist, außerdem gute mechanische Ausführung: kleiner Luftzwischenraum, nicht zu fest aufliegende Bürsten, gute leichte Lagerung mit Schmierung. Feldwickelung und Anker sind in Reihe zu schalten; ist der Luftzwischenraum zu groß und die Ankerwickelung zu schwach, so ist die bei Leerlauf einer bestimmten Spannung entsprechende Maximaltourenzahl sehr beschränkt. Ein kleiner Motor der erwähnten Art

---

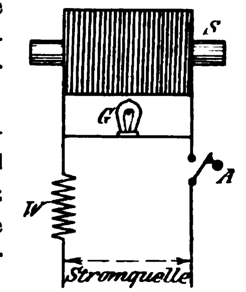
[1]) Der Hitzdrahtapparat wird nach meinen Angaben von der Firma A. Krüss, Hamburg, Adolfsbrücke hergestellt und ist auch von dort zu beziehen.

verbraucht etwa 0,3 Ampère bei Leerlauf und ∼ 1,3 Ampère bei Volllast bei ∼ 10 Volt Klemmenspannung; schaltet man den Motor mit einer 12 Volt-Glühlampe in Reihe an 16 Volt, so hat die Glühlampe bei Leerlauf des Motors 8 Volt, bei Stillstand durch Festhalten (Bremsen) 10 Volt, die Stromstärke beträgt im ersten Falle 0,5 Ampère, im zweiten 0,7 Ampère, der Energieverbrauch der Lampe ist also bei Stillstand um 75 % größer als bei laufendem Motor[1]). Die Helligkeitsunterschiede lassen sich noch deutlicher machen, wenn man einen durchscheinenden Schirm anwendet, dessen eine Hälfte von der Glühlampe beleuchtet wird, während auf die andere Hälfte die Strahlen einer konstanten Lichtquelle fallen, die man so einstellt, daß die von ihr erhellte Hälfte bei Stillstand des Motors dunkler, bei laufendem Motor heller ist, als die von der Glühlampe erleuchtete.

Versuchsanordnung zur Demonstration der Selbstinduktion[2]).

Von Dr. **L. Kann**, Privatdozent an der Deutschen Technik in Brünn.

Eine große Selbstinduktion S (eine mit einem Eisenkern versehene Spule mit vielen Windungen dicken Kupferdrahtes, also von relativ geringem Ohmschen Widerstand; ein mit vielen Windungen dicken Drahtes bewickelter Eisenring, oder event. auch ein Elektromagnet) wird parallel mit einer Glühlampe in den Kreis einer Gleichstromquelle von entsprechender Spannung eingeschaltet, welcher durch einen womöglich induktionsfreien Widerstand W so abgeglichen wird, daß der Faden der Lampe gerade zu glühen aufhört (vergl. d. Fig.).



Wird dieser Stromkreis (durch einen Schlüssel A) rasch geschlossen, so leuchtet die Glühlampe für einen Moment ziemlich hell auf, weil der Strom in der Spule S — wegen der großen Impedanz derselben — nicht gleich seinen vollen Wert erreichen kann und die Spannung an den Enden der Spule und Glühlampe daher anfangs höher ist als im stationären Zustand.

Ist der Strom stationär geworden, was nach sehr kurzer Zeit geschieht, so brennt die Lampe, da es ja — wie oben erwähnt — so eingerichtet wurde, ganz dunkel.

Beim raschen Unterbrechen des Stromes (bei A) leuchtet die Lampe hell auf, da sie nunmehr von dem sogenannten Extrastrom, der zwar nur von kurzer Dauer aber hoher Spannung ist, durchflossen wird. Wird der Stromschlüssel in rascher Folge geschlossen und geöffnet, so leuchtet die Lampe kontinuierlich.

Eine elementare Ableitung des Thomsonschen Satzes vom wirtschaftlichen Querschnitt.

Von Dr. **W. Lorey** in Görlitz.

In seinen auf dem Göttinger Ferienkursus gehaltenen Vorträgen über Elektrotechnik[3]) leitet Herr Des Coudres den Thomsonschen Satz vom wirtschaftlichen Querschnitt ab und bemerkt dabei, „die elegante Relation scheint fast elementarer Ableitung und Darlegung im Unterricht fähig zu sein.“ Zweck dieser Mitteilung ist es zu zeigen, daß in der Tat die Minimumseigenschaft, die durch den Thomsonschen Satz ausgedrückt wird, sich elementar, d. h. ohne jede Benutzung der Differentialrechnung leicht herleiten läßt.

[1]) Solche Motoren werden geliefert von der Trebbiner Maschinenfabrik Andres und Hengst, Trebbin bei Berlin.

[2]) *Anm. der Redaktion.* Eine ähnliche Versuchsanordnung, aber ohne Stromverzweigung, hat P. Spies in d. Zeitschr. *XI 276* (*Nr. 6*) beschrieben; über den Nachweis der Stromverlängerung durch die Selbstinduktion vergl. man auch Jochmann-Hermes-Spies, Lehrbuch, 14. Aufl. S. 415: Wenn man einen Telegraphenapparat nicht mittels des Tasters, sondern durch einfaches Aneinanderhalten der Drähte einschaltet, so erhält man in dem Augenblick der Stromunterbrechung einen kräftigen Schlag u. s. w.

[3]) Klein und Riecke, über angewandte Mathematik. S. 190—191.

Der Thomsonsche Satz gibt einen Aufschluß über die Querschnittsgröße, die zum Transport elektrischer Leistung finanziell am günstigsten ist. Er besagt, daß der wirtschaftliche Querschnitt dann vorhanden ist, wenn die Kosten für die jährliche Verzinsung der Leitung gleich sind dem Geldwert der in der Leitung im Laufe des Jahres nutzlos in Wärme verwandelten Energie.

Es sei Ei die Anzahl erzeugter Watt, während nur ei am Bestimmungsort ankommen. Der Verlust beträgt also $(E - e)\,i = i^2 w$, wo w den Widerstand der Leitung bedeutet. Bezeichnet nun ferner T die Anzahl Betriebsstunden im Jahre, l die Länge, q den Querschnitt und k die Leitfähigkeit des Kupferdrahtes, so ergibt sich ein jährlicher Verlust von $i^2\,T k \frac{l}{q}$ Wattstunden.

Kostet nun eine Wattstunde am Ort der Erzeugung m Mark, so ist demnach der Geldwert der verlorenen Energieleistung:

$$M_1 = i^2\,T k \frac{l}{q}\, m \text{ Mark.}$$

Dazu kommen noch die Kosten für die Verzinsung und Amortisation der Leitung, die sich durch $M_2 = l \cdot a \cdot q \cdot z$ Mark ausdrücken lassen.

Hierbei bedeutet a die Kosten für Anlage der Längen- und Querschnitteinheit, während durch $z\,{}^1/_{100}$ des Zinsfußes und der Amortisationsprozente dargestellt wird.

Am wirtschaftlich günstigsten ist nun der Querschnitt, wenn die Kosten M_1 und M_2 zusammen möglichst gering sind; d. h. wenn q der Gleichung genügt:

$$i^2\,T k \frac{l m}{q} + l a z q = \text{Minimum.}$$

Setzt man zur Abkürzung $c_1 = i^2\,T k l m$, $c_2 = l a z$ und $M_1 + M_2 = M$, so erhält man die allgemeine Gleichung

$$\frac{c_1}{q} + c_2 q = M.$$

Daraus folgt

$$q = \frac{M}{2 c_2} \pm \frac{\sqrt{M^2 - 4 c_1 c_2}}{2 c_2}.$$

Der kleinste für M zulässige Wert ist nun offenbar

$$M = 2 \sqrt{c_1 c_2}\,;$$

für diesen Wert wird aber

$$q = \frac{M}{2 c_2} = \sqrt{\frac{c_1}{c_2}}, = i \sqrt{\frac{T k m}{a \cdot z}}.$$

Folglich $M_1 = i \cdot l \cdot \sqrt{T \cdot k \cdot m \cdot a \cdot z}$

und $M_2 = i \cdot l \cdot \sqrt{T \cdot k \cdot m \cdot a \cdot z}$

Das heißt aber: am wirtschaftlich günstigsten ist der Querschnitt, wenn $M_1 = M_2$ ist.

Demonstration der Reaktionsgeschwindigkeit an der Bildung kolloidalen Silbers.

Von **Franz Küspert** in Nürnberg.

Bekanntlich erfolgt, im Grunde genommen, jede chemische Reaktion nach dem Gesetz der konstanten Proportionen derart, daß zur Bildung neuer Stoffe ganz bestimmte Mengen der vorher schon dagewesenen verbraucht werden. Die Geschwindigkeit jedoch, mit der die Umsetzung vor sich geht, hängt ab von der Konzentration und von der Temperatur, sowie von der eventuellen Anwesenheit katalytisch wirksamer Körper, die entweder eine Beschleunigung oder eine Verzögerung hervorrufen können. Schließlich beteiligt sich unter Umständen auch das Licht.

Es ist nicht gleichgültig, ob man auf 32,5 cg Zink 10 ccm Normalsalzsäure (36,5 g HCl im Liter) = 36,5 cg Chlorwasserstoff einwirken läßt, oder ob man 100 ccm Zehntelnormalsalzsäure (3,65 g HCl im Liter), welche dieselbe Menge wirksamer Substanz enthalten,

nämlich auch 36,5 cg Chlorwasserstoff, anwendet. Im ersten Falle wird in der Zeiteinheit mehr Wasserstoff entwickelt, als im letzten, und wenn aus der Zehntelsäure die letzten Gasblasen aufsteigen, um das Maß von 111,6 ccm Wasserstoff vollzumachen, so ist die Normalsäure schon lange mit der Lieferung derselben Menge fertig.

Es braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden, daß die Änderung der Versuchsbedingungen bei beliebigen Unterrichtsexperimenten, sowohl was die Konzentration, als auch was die Temperatur anlangt, den Einfluß dieser Faktoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit jederzeit zu demonstrieren gestattet. Trotzdem erscheint es wünschenswert, dem Schüler in sinnfälliger Weise die berührten Verhältnisse vor Augen zu führen, so, daß ohne besondere Mühe ein sofortiger, wenigstens annähernd richtiger, messender Vergleich angestellt werden kann. Diesem Zweck will der nachstehend beschriebene Versuch dienen. Derselbe bezieht sich auf die Bildung kolloidalen Silbers aus Silbernitratlösung durch Formalin in Gegenwart von Wasserglas.

Eine qualitativ angestellte Probe lehrte, daß sich mit diesen Reagenzien Silberkolloid auf einfache und leichte Weise erhalten läßt. Das Verfahren, in Kürze beschrieben, war folgendes: Zu einigen ccm Wasserglas (am besten farblos!) setzt man soviel Formalin (käufliches Formaldehydum solutum), daß eben keine Trübung bestehen bleibt. Dann werden einige Tropfen Silbernitrat zugegeben. Nimmt man sehr wenig von diesem Reagens, so entsteht eine dunkelmoosgrüne, fast schwarze Lösung; bei etwas größeren Mengen färbt sich die Flüssigkeit zuerst gelbbraun, um dann alle Farbenstufen über Rotbraun nach einem tiefen Dunkelrotbraun zu durchlaufen. Schließlich wird mit Wasser verdünnt[1])

Zu den messenden Versuchen[2]) wurden benützt: 1. Zehntelnormales Silbernitrat (17 g $AgNO_3$ im Liter), 2. verdünntes, gewöhnliches Wasserglas (1 : 10 Vol.), 3. verdünntes Formalin (Formald. solut. 1 : 60 Vol.). Bei gewöhnlicher Temperatur erfolgt die Reaktion dieser Lösungen nur langsam, bei etwa 50° dagegen annähernd in einer Stunde, sodaß sich das Fortschreiten der Reduktion ganz bequem verfolgen und die zwischenliegende Zeit zu den nötigen Erklärungen verwenden läßt.

Über den Verlauf der Reaktion gibt folgende Tabelle (S. 287) Aufschluß.

Um den Einfluß der Konzentration auf den zeitlichen Verlauf der Silberreduktion im Unterricht zu demonstrieren, genügt es, die Lösungen I—V auf ca. 50° zu erwärmen und sie etwa nach 5, 10, 25 und 50 Minuten vorzuzeigen; außerdem stellt man eine zweite Probe No. V in ein gewöhnliches, stark kochendes Wasserbad und zeigt, daß die Lösung schon nach sehr kurzer Zeit vollständig reduziert ist.

Schließlich sei noch bemerkt, daß das Licht eine beschleunigende Wirkung auf den Reduktionsvorgang ausübt. Um dies zu veranschaulichen, stellt man zwei gleichstarke Lösungen aus 25 ccm verd. Wasserglas, 1 ccm $^1/_{10}$N.-Silbernitrat und 10 ccm verd. Formalin (Konzentrationen wie oben; insgesamt je 36 ccm) her und bewahrt die eine vor Licht geschützt, die andere ohne besondere Vorsichtsmaßregeln bei gewöhnlicher Temperatur auf. Nach circa einer halben Stunde ist ein deutlicher Unterschied bemerklich[2]).

Wesentlich für die Erzielung klarer Lösungen, soweit die tabellierten Versuche in Betracht kommen, ist weder besondere Reinheit des Wassers, noch des Wasserglases, sondern nur die Vermeidung stark gebrauchter oder staubiger und unreiner Gläser. Diese bedecken sich an den betreffenden Stellen mit schwarzem, pulverigem Silber und verursachen auch weiterhin die Abscheidung von solchem — eine Erscheinung, welche wohl mit dem Ansatz von Gasbläschen aus Lösungen an Rauhigkeiten und mit den bekannten Krystallisationsvorgängen an Wollfäden etc. verglichen werden darf.

Daß die mitgeteilten Versuche wirklich kolloidales Silber liefern, geht aus dem Verhalten der Lösungen beim Dialysieren hervor, wobei kein Silber diffundiert[3]).

---

[1]) Näheres s. Ber. d. ch. Ges. 35, 2815.

[2]) Ber. d. ch. Ges. 35, 4068 u. 4069.

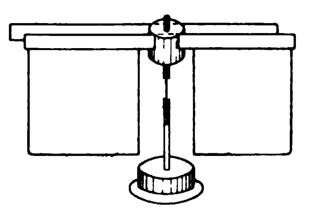
[3]) Zu den Diffusionsversuchen eignen sich die bekannten Pergamentschläuche, wie sie zur Fabrikation von Erbswurst etc. dienen, sehr gut.

	Lösungen: Je 25 ccm Wasserglas (1 : 10) und 1 ccm $^1/_{10}$ N. = $AgNO_3$, dazu		Gesamtzahl der ccm	nach 5 Minuten		nach 25 Minuten		nach 50 Minuten	
	Wasser	Formalin (1:60)		bei 46°	bei 85°	bei 46°	bei 85°	bei 46°	bei 85°
I.	22 ccm	2 ccm	50	—	weingelb	weingelb ins bräunliche	dunkelbraun	rotbraun	dunkelbraun
				—	0,5 ccm dieser Lösung wurden entfärbt durch 5 ccm Wasser	0,5 ccm dieser Lösung wurden entfärbt durch 10 ccm	0,5 ccm dieser Lösung wurden entfärbt durch 1600 ccm	0,5 ccm dieser Lösung wurden entfärbt durch 100 ccm	0,5 ccm dieser Lösung wurden entfärbt durch 1600 ccm
II.	20 ccm	4 ccm	50	—	rotbraun	hellrotbraun	dunkelbraun	dunkelrotbraun	dunkelbraun
				—	entfärbt durch 100 ccm	entfärbt durch 50 ccm	entfärbt durch 1600 ccm	entfärbt durch 200 ccm	entfärbt durch 1600 ccm
III.	18 ccm	6 ccm	50	weingelb	dunkelbraun	braun	dunkelbraun	dunkelrotbraun	dunkelbraun
				—	entfärbt durch 200 ccm	entfärbt durch 200 ccm	entfärbt durch 1600 ccm	entfärbt durch 800 ccm	entfärbt durch 1600 ccm
IV.	16 ccm	8 ccm	50	gelb ins bräunliche	dunkelbraun	sattbraun	dunkelbraun	dunkelrotbraun	dunkelbraun
				—	entfärbt durch 1600 ccm	entfärbt durch 400 ccm	entfärbt durch 1600 ccm	entfärbt durch 1600 ccm	entfärbt durch 1600 ccm
V.	14 ccm	10 ccm	50	hellgelbbraun	dunkelbraun	dunkelbraun	dunkelbrauu	dunkelrotbraun	dunkelbraun
				—	entfärbt durch 1600 ccm	entfärbt durch 800 ccm	entfärbt durch 1600 ccm	entfärbt durch 1600 cm	entfärbt durch 1600 ccm

Bemerkung. Die Verdünnungsgrade sind nur annähernd richtig, da ein Kolorimeter zur genauen Bestimmung nicht zur Verfügung stand und nur in 4 cm hoher Schicht in freistehenden Wägegläschen von 5 cm Höhe und 25 ccm Inhalt beobachtet werden konnte. — Als Wasserbad diente ein Weißblechkasten von 30 cm Länge und 18 × 18 cm Breite und Höhe mit Einsatz. Zur Erzielung der Temperatur von 46° wurde das Flämmchen eines abgeschraubten Bunsenbrenners benutzt, für die Siedehitze ein Dreibrenner.

Versuche mit einfachen Mitteln.

12. H. Rebenstorff in Dresden: **Nachweis des Luftwiderstandes.** Unter die Luftpumpenglocke bringt man eine auf einer Spitze schwebende Magnetnadel, von der zwei möglichst große, parallel der Längsrichtung angeklebte Flächen Blattgold herabhängen (s. Fig.). Die Nadel setzt man von außen mit einem Pol eines kräftigen Magnets in schnelle Umdrehung, den man oberhalb der Glocke mit einer allmählich steigenden, den Bewegungen der Nadel sich anpassenden Geschwindigkeit im Kreise herumbewegt. Man kann natürlich auch die Abstoßung eines Poles benutzen, indem man den Magneten in beschleunigtem Tempo wagerecht gegen jenen Pol heranführt und wieder entfernt, sobald der andere Pol herankommt. Nach dem Beiseitelegen des Magnets macht meine Magnetnadel unter gewöhnlichem Luftdrucke etwa 10 Umdrehungen, während sie es auf viermal so viele Umdrehungen bringt, wenn man bis zu einem Drucke von 2 cm Quecksilbersäule evakuiert hatte. In letzterem Falle hängen die Goldblattfahnen auch bei schnellster Drehung senk-



recht herab, während sie infolge des größeren Widerstandes unverdünnter Luft lebhaft emporflattern.

Eine leicht drehbare Nadel von geringem Trägheitsmoment, die auch sonst brauchbar ist, stellt man sich aus zwei kräftig magnetisierten Uhrfederstreifen von etwa 8 mm Breite und einer der Luftpumpenglocke angepaßten Länge her. Die Streifen schiebt man in zwei parallele Einschnitte eines Korkes (s. Figur), in dessen Mitte ein kurzes, am einen Ende rund zugeschmolzenes enges Glasröhrchen sitzt. Zum Anlegen der zwischen dem Papier zurechtgeschnittenen Goldblattstücke an den mit Klebestoff bestrichenen Stahlstreifen biegt man das Papier auf einer Seite des Goldblattes zurück. Das Fußgestell kittet man mit Siegellack aus einer Bleischeibe, Kork, Glasrohr und einer Nähnadel zusammen.

13. E. Grimsehl in Hamburg: Bestimmung des Luftgewichts ohne Luftpumpe. Eine 2- bis 3-Literflasche wird mit einem einfach durchbohrten Kork verschlossen, durch den ein Glasrohr mit darangesetztem Gummischlauch geht. Der Gummischlauch kann durch einen Quetschhahn verschlossen werden. Man kann statt dessen auch eine Hahnröhre benutzen. Das Gewicht der Flasche bei geöffnetem Rohr wird auf einer Wage austariert. Nun saugt man mit dem Munde möglichst viel Luft heraus. Wenn man zwischendurch den Hahn schließt, um Atem zu holen, so erreicht man durch wiederholtes Saugen eine recht beträchtliche Luftverdünnung. Jetzt wird die Flasche wieder auf die Wage gestellt und neben die Flasche werden so viel Gewichtsstücke (ca. 1 g) gelegt, bis wieder Gleichgewicht eintritt. Es wird also das Gewicht der durch Saugen aus der Flasche entfernten Luft bestimmt. Darauf öffnet man den Gummischlauch oder den Hahn, während man die Rohröffnung unter Wasser hält. Es strömt Wasser in die Flasche ein, bis die Luft wieder auf Atmosphärendruck gekommen ist. Das Volumen der eingeströmten Wassermenge ist dem Volumen der ausgesaugten Luftmenge gleich. Der Quotient aus dem Luftgewicht und dem durch die Wassermenge bestimmten Luftvolumen ergibt das Gewicht der Volumeneinheit Luft bei Atmosphärendruck.

Das Verfahren liefert ausreichend genaue Resultate und ist vielleicht auf der Unterstufe der Bestimmung mit Hülfe der Luftpumpe wegen seiner Einfachheit vorzuziehen[1]).

Ph. v. Rostowzew in Warschau: Einige Vorlesungsversuche.

14. Die Abhängigkeit der **Schwingungsdauer des Pendels** von der Beschleunigung kann man leicht mit Hilfe des Elektromagneten demonstrieren. Man nimmt eine Eisenkugel von 5 cm Durchmesser und hängt sie wie üblich an zwei Fäden auf. Unter der Kugel stellt man einen Elektromagneten auf und hängt neben das Pendel ein zweites gleich langes mit einer Elfenbeinkugel. Darauf bringt man die Pendel in Schwingungen von kleiner Amplitude, sie schwingen dann mit gleicher Periode. Schließt man jetzt den Strom im Elektromagneten, so fängt das Eisenpendel sofort schneller zu schwingen an; unterbricht man den Strom, so schwingt das Pendel wieder langsam. Den Strom schließen und unterbrechen muß man immer dann, wenn das Pendel durch seine Ruhelage geht.

15. Joulesche Wärme kann man auf folgende Weise demonstrieren: Man schneidet einen schmalen Streifen Magnesiumband ab und schickt durch ihn den Strom; wenn der Streifen hinreichend schmal ist, so entzündet er sich.

16. Die **Reflexion des Schalles** zeigt man am besten, wenn man in den Brennpunkt eines Hohlspiegels eine Pfeife bringt und in den Brennpunkt des zweiten Hohlspiegels, der so aufgestellt ist, daß seine Achse mit der des ersten zusammenfällt, ein Kundtsches Manometer stellt.

---

[1]) *Anm. d. Redaktion.* Man vergleiche hierzu die Versuche von Galilei, *d. Zeitschr. XV. 322.*

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein Versuch über die Zerlegung der Kräfte. Von E. C. Woodruff. (*School Science, March 1903.*) Auf einem schweren Grundbrett befindet sich eine hölzerne Säule *m* von 80 cm Länge und 2×4 cm im Querschnitt, durch ein dreieckiges Zwischenstück *p* gestützt. Senkrecht gegen die Säule legt sich ein Stab *B* von 30 cm Länge, dessen an die Säule angrenzendes Ende 1×2 cm im Querschnitt hat, während er sich gegen das andere Ende bis auf 1 qcm verjüngt. Das breitere Ende ist abgeschrägt, wie Figur 1 zeigt, und paßt mit der scharfen Kante in feine Kerben der Säule; das schmalere Ende ist mit drei Ösen, *a*, *b*, *c*, versehen, von denen *a* an eine Schnur *G* befestigt ist, *b* ein Gewicht *W* trägt und *c* zur Anlegung eines Dynamometers dient. Die Kerben der Säule liegen 20 cm und 30 cm oberhalb des Grundbretts; 15 cm höher als die obere Kerbe ist ein Spalt in die Säule geschnitten, und senkrecht dazu ist ein Holzstift (Fig. 2) durch die Säule gesteckt, über den die Schnur *G* gezogen werden kann. Noch 30 cm höher befindet sich, nahe dem Ende der Säule, ein zweiter Spalt derselben Art. An der Hinterseite der Säule sind Krampen angebracht, um die das freie Ende der Schnur gewickelt werden kann.

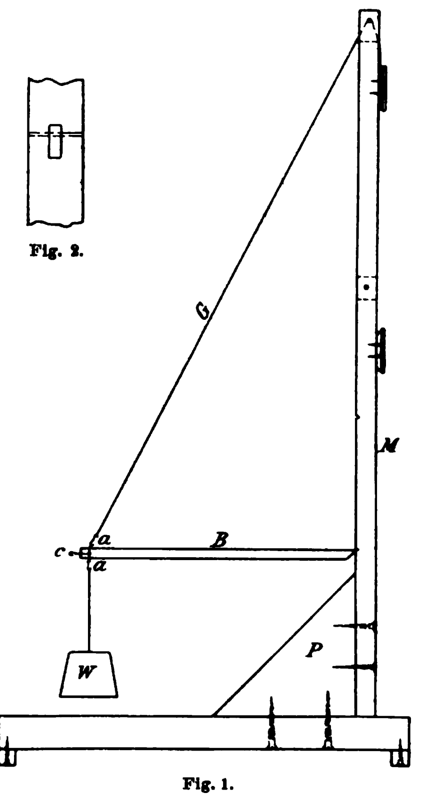


Fig. 2.

Fig. 1.

Um den Versuch auszuführen, hängt man an das Ende des Stabes *B* ein Gewicht von etwa 1 kg, nachdem man den Stab *B* in die untere Kerbe gelegt und die Schnur über den oberen Stift geführt hat. Die Seiten des Kräftedreiecks sind dann 30 cm, 60 cm und $\sqrt{30^2 + 60^2}$ cm. Man bringt nun ein Dynamometer in horizontaler Richtung an der Öse *c* an und zieht es so lange an, bis der Stab sich an der Säule lockert und herabzufallen beginnt. Die größte abgelesene Spannung ist ein Maß für den Druck, der längs des Stabes gewirkt hat.

Man bringt den Stab wieder an seine Stelle und schaltet das Dynamometer zwischen die Schnur *G* und das freie Ende des Stabes ein; die Ablesung liefert die Spannung der Schnur.

Man erhält auf diese Art Resultate, die den Seitenlängen des Kräftedreiecks entsprechen. Durch andre Kombination der Kerbe und Stifte erhält man noch drei weitere Fälle, in denen die vertikale Seite 45 cm, 30 cm und 15 cm lang ist und die Spannung der Schnur sehr rasch wächst. Diese Versuche machen auch unmittelbar anschaulich, daß die Komponente einer Kraft größer sein kann, als die Kraft selbst — ein Fall der grade dem denkenden Schüler Schwierigkeiten zu bereiten pflegt. *P.*

Experimentelle Erläuterung der Präzession und Nutation. Von H. V. Gill. Schon Herschel hat in den Outlines of Astronomy darauf hingewiesen, daß die Präzession mit Hilfe eines Kreisels demonstriert werden könne. Auch die Nutation läßt sich zeigen, wenn der Kreisel nicht ganz vollkommen ausbalanciert ist, insbesondere wenn eine Seite absichtlich etwas schwerer als die andere gemacht wird. Die Stärke der Nutation wächst mit der Größe des Übergewichts. Eine Reihe von Versuchen dieser Art wurde mit einem kleinen Rade

aus einem Uhrwerk angestellt, das sich auf einer berußten Glasplatte bewegte. Die gezeichnete Kurve besteht aus drei zykloidenartig aneinander gereihten Kreisen und zeigt in ihrem ganzen Verlaufe eine feine Kräuselung. Die auf der Glasplatte befindliche Kurve läßt sich auch direkt projizieren. (*Nature No. 1747, April 23, 1903.*)

Eine einfache empfindliche Flamme. Von E. H. Barton. Die Flamme eines Bunsenbrenners wird bei völligem Abschluß der Luft durch Verminderung des Gasdrucks so reguliert, daß sie spitz zulaufend, aber völlig ruhig brennt. Ihre Empfindlichkeit erstreckt sich dann über drei Oktaven, und ihre Form stellt sich so rasch wieder her, daß sie selbst jede Note eines langsamen Staccato wiedergibt. Am geeignetsten erwies sich ein Brenner von $^3/_8$ Zoll (9,5 mm) Weite mit nur einer Luftzuflußöffnung, die durch einen dicht anliegenden Schieber verschlossen war. (*Nature No. 1737, Febr. 12, 1903.*)

Demonstrationsapparat zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents. Von E. Grimsehl. (*Physikal. Zeitschr. 4. Jahrg. No. 21.*) Der Apparat, der nach den Angaben des Verfassers von der Firma A. Krüss in Hamburg gebaut ist, gestattet, die Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents mit einem hinreichenden Grade von Genauigkeit innerhalb weniger Minuten auszuführen. Die Einfachheit der Versuchsanordnung ist ein besonderer Vorzug des Apparates[1]).

Fig. 1 zeigt den ganzen Apparat, an dem Experimentiertisch festgeschraubt; er besteht aus einem festen schmiedeeisernen Gestell, das mittels zweier kräftiger Schrauben an der Platte des Tisches festgeschraubt wird. Das Gestell enthält die beiden Lager für die Achse einer starken Holzwelle, auf der eine starke Hanfschnur aufgewunden werden kann. Das in der Figur linke Ende der Achse ist mit einem Vierkant versehen, auf den eine Kurbel aufgesteckt ist. Die linke Seite des Gestelles hat außerdem eine Bohrung, in die ein konischer

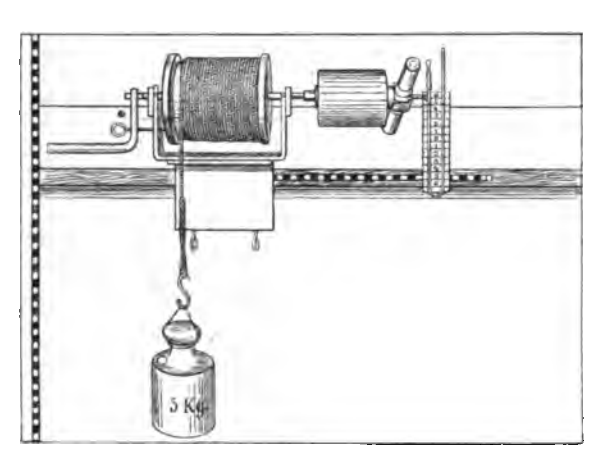


Fig. 1.

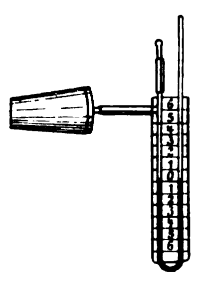


Fig. 2.

Eisenstift so hineingesteckt werden kann, daß die Kurbel sich dagegen legt und nun am Drehen verhindert wird. Auf das rechte Ende der Achse ist eine Holzbuchse aufgeschraubt, die von der rechten Seite aus konisch ausgebohrt ist und zwar so, daß ein hohler Kupferkonus gerade hineinpaßt. Der Kupferkonus ist in Fig. 2 besonders abgebildet. Es ist ein allseitig geschlossener, aus dünnem Kupferblech gearbeiteter Hohlkonus, in dessen Inneres von der breiten, also vorderen Grundfläche aus ein Kupferrohr führt, an welches ein offenes Manometer mittels Gummischlauchverbindung angeschlossen ist. Der kürzere Schenkel des Manometers kann durch ein Ende Gummischlauch mit eingesetztem Glasstift geöffnet und geschlossen werden. [Das Manometer enthält Alkohol, der mit Ketonblau gefärbt ist.] Der kupferne Hohlkonus mit dem daran gesetzten Manometer ist gewissermaßen ein vereinfachtes Luftthermometer, an dem die durch die Reibung des Konus in der Bohrung der Holzbuchse erzeugte Wärme bestimmt werden kann, nachdem man den thermometrischen Skalenwert

[1]) Die in [ ] befindlichen Zusätze sind vom Verfasser für diesen Bericht zur Verfügung gestellt.

des Manometers und den kalorischen Wasserwert des Kupferkonus durch Vorversuche ein für allemal bestimmt hat.

[Man bringt dazu den hohlen Kupferkonus in ein mit Wasser gefülltes Becherglas, während das Manometer sich außerhalb des Becherglases befindet. Nun erwärmt man das Wasser im Becherglase durch einen untergesetzten Brenner langsam und beobachtet bei verschiedenen Temperaturen den Stand des Manometers. Dabei genügt es, nur den Stand der Flüssigkeit in dem einen, z. B. dem äußeren Schenkel des Manometers zu notieren. Aus den beobachteten Temperaturdifferenzen und den gleichzeitig beobachteten Ständen der Flüssigkeitssäule im Manometer läßt sich dann der Temperaturwert eines Skalenteils unmittelbar berechnen.] Bei dem dieser Beschreibung zu Grunde liegenden Apparate entsprach einer Steigung der Manometerflüssigkeit um 1 mm die Temperaturerhöhung um 0,05° C. [Der Wasserwert des Kupferkonus wird am einfachsten aus der Masse des Konus und der spezifischen Wärme des Kupfers berechnet. Beim vorliegenden Apparate war die Masse des Konus 45,3 g, und unter Annahme der spezifischen Wärme des Kupfers zu 0,09 ergibt sich hieraus der Wasserwert des Konus zu $45{,}3 \cdot 0{,}09 = 4{,}07$ g, ein Wert, der sich als Mittelwert aus einer größeren Anzahl von Bestimmungen der spezifischen Wärme mittels des Mischungskalorimeters ebenfalls ergab. Der Wasserwert der im Kupferkonus eingeschlossenen Luft betrug 0,015, er kann ohne Bedenken vernachlässigt werden, da er innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegt. Man kann ihn aber zur Korrektion des Wasserwerts des Kupferkonus benutzen und erhält so für diesen den Wert 4,08 g.]

Zur Ausführung der Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents windet man ein an die Hanfschnur gehängtes Gewicht von beispielsweise 5 kg durch Drehen der Kurbel bis zur Tischhöhe auf, setzt den Haltestift links ein, setzt darauf den Kupferkonus mit Manometer in die Bohrung und drückt den Konus mit einer besonderen hölzernen Haltevorrichtung mit beiden Händen in die Bohrung. Nachdem man durch Lüften des Glasstäbchens im Manometer daselbst ungefähre Niveaugleichheit an beiden Schenkeln erzeugt hat, läßt man durch einen Gehilfen den Haltestift links herausziehen. Das Gewichtstück fällt herunter und setzt dadurch Welle und Holzbuchse in Drehung. Die Drehung wird durch angemessenen Druck des Konus in die Bohrung so gebremst, daß das Gewichtstück bis zur Fußbodenhöhe herabsinkt, jedoch hier fast ohne lebendige Kraft ankommt. Man liest nun rasch den Stand des Manometers ab.

Bei einem von vielen Versuchen ergab sich beim Fallen des 5 kg Gewichtstückes aus 70 cm Höhe die mechanische Energie zu 3,5 mkg. Die Steighöhe des Manometers betrug hierbei 38 mm, das bedeutet eine Temperaturerhöhung um $38 \cdot 0{,}05 = 1{,}9^{\circ}$ C. Da der Wasserwert des Kupferkonus 4,08 g betrug, ergibt sich die entwickelte Wärmemenge zu $4{,}08 \cdot 1{,}9 = 7{,}75$ Grammkalorien oder 0,00775 Kilokalorien. Hieraus folgt für das mechanische Wärmeäquivalent der Wert $\frac{3{,}5}{0{,}00775} = 451$, also 1 Kal. = 451 mkg.

Daß der erhaltene Wert etwas zu groß ist, ist natürlich darin begründet, daß unvermeidlich ein Bruchteil der Energie verloren geht. Dieser Bruchteil ist aber deshalb so gering, weil der Versuch nur einen kleinen Bruchteil einer Minute Zeit in Anspruch nimmt.

Will man eine größere Fallhöhe verwenden, so kann man die Hanfschnur über eine an einem starken Deckenhaken befestigte Rolle führen. Man hat dann eine Fallhöhe von fast 4 m zur Verfügung. [Man kommt dann mit einem Gewichtstück von 2 kg aus. Will man aber ein größeres Gewichtstück verwenden, so muß man ein Manometer mit weiterem Rohre nehmen, weil das enge Manometerrohr ein zu hohes Steigen der Flüssigkeit bewirkt. Bei genauerer Berechnung der mechanischen Energie ist der Reibungsfehler zu berücksichtigen. Es empfiehlt sich auch, bei großer Fallhöhe das Gewicht rasch fallen zu lassen, aber kurz vor dem Aufstoßen auf den Fußboden wieder so zu bremsen, daß möglichst alle Bewegungsenergie in Wärme umgesetzt wird. Verfährt man bei den Versuchen zu langsam, so wird der erhaltene Wert zu groß, da dann ein Teil der Wärme wieder durch Ausstrahlung und Leitung verloren geht.]

Die Einfachheit der Versuchsanordnung gestattet eine mehrfache Wiederholung der Versuche mit verschiedenen Gewichten und verschiedenen Fallhöhen innerhalb kurzer Zeit. Auch für die praktischen physikalischen Schülerübungen kann der Apparat verwandt werden. *P.*

2. Forschungen und Ergebnisse.

Moderne Ansichten über die Materie — die Verwirklichung eines Traums betitelte W. Crookes einen Vortrag, den er am 5. Juni d. J. auf dem Kongreß für angewandte Chemie zu Berlin gehalten hat. Er führte darin aus, daß schon seit fast 100 Jahren, namentlich in England der Gedanke an eine Zerlegbarkeit der chemischen Elemente Eingang gefunden hat. 1809 wies Sir Humphry Davy auf die mögliche Existenz einer allen Metallen gemeinsamen Substanz hin. Davy brauchte zuerst den Ausdruck von der „strahlenden Materie“: „wenn Teilchen von Gasen dazu gebracht werden könnten, sich im freien Raum mit fast unendlicher Geschwindigkeit zu bewegen, d. h. strahlende Materie zu werden, so dürften sie die verschiedenen Arten der sich durch ihre besonderen Wirkungen unterscheidenden Strahlen hervorbringen.“ Das klingt wie eine Prophezeiung des modernen Elektrons. Auch Faraday wendet 1816 denselben Ausdruck an und weist auf die Aufgabe der Chemiker, die Metalle zu zerlegen, hin. 1844 spricht derselbe von der Möglichkeit einfacher und zusammengesetzter Atome; ein Jahr später entwickelt er die ersten Gedanken über die Beziehungen zwischen Magnetismus und Licht, die erst in neuester Zeit in ihrer Bedeutung erkannt worden sind. 1879 nahm Crookes selbst den Begriff der „strahlenden Materie“ wieder auf und bezeichnete damit die den Kathodenstrom bildenden Teilchen, welche weder fest noch flüssig noch gasförmig sind, nicht Atome selbst, sondern viel kleiner und leichter als diese, die Urteilchen, aus denen die Atome zusammengesetzt sind. Die physikalischen Eigenschaften der strahlenden Materie sind im Vakuum für alle Stoffe die gleichen, ob das Gas in der Röhre Wasserstoff, Kohlensäure oder Luft ist. Crookes glaubte in der strahlenden Materie „das Grenzland erreicht zu haben, wo Materie und Kraft ineinander fließen.“ 1881 erklärte J. J. Thomson die durch Kathodenstrahlen veranlaßte Phosphoreszenz des Glases durch die plötzlichen Änderungen des Magnetfeldes infolge der plötzlichen Hemmung der Kathodenteilchen. 1888 entwickelte Crookes seine Theorie von der „Genesis der Elemente“ aus einer unendlichen Zahl unmeßbar kleiner allerletzter Teilchen, die allmählich aus einem formlosen Staub zusammenwachsen und sich mit unfaßbarer Geschwindigkeit nach allen Richtungen bewegen. Die primären, die Existenz eines Atoms bestimmenden Bewegungen sollten sich langsam ändern, in gewissem Grade auch die sekundären Bewegungen, die sich als Wärme, chemische, elektrische Energie äußern, sodaß es wahrscheinlich würde, daß die Atome der chemischen Elemente nicht von ewiger Dauer, sondern mit allem Geschaffenen dem Verfall und Tod ausgesetzt wären. Durch eine Art Kampf ums Dasein sollten sich nach Darwinschen Grundsätzen die einzelnen Elemente entwickelt haben, und zwar zuerst die mit niedrigem, dann die mit mittlerem und endlich die mit höchstem Atomgewicht wie Thor und Uran. Nach diesen müßten sich Stoffe bilden, deren Dissoziationspunkt nicht jenseits der Kraft unserer irdischen Wärmequellen liegt. Crookes glaubt nun, daß Radium das zunächst hinter Uran stehende Element ist, welches sich gegenwärtig von selbst dissoziiert.

Zur Vollendung jener Theorien führen die Ansichten über die elektrischen Eigenschaften der Atome. 1875 sprach Clifford die Ansicht aus, daß jedes materielle Atom von einem kleinen elektrischen Strom umgeben sei, wenn nicht etwa ganz daraus bestehe. Die von Weber gefaßte Idee elektrischer Atome nahm konkrete Gestalt an, als Stoney zeigte, daß Faradays Gesetz der Elektrolyse die Existenz bestimmter elektrischer Ladungen der Ionen voraussetze; diese bestimmte Ladung nannte er Elektron. Die Elektronen identifizierte Crookes 1891 mit der strahlenden Materie. Treffen die Elektronen einen phosphoreszierenden Körper, so erregen sie hier die Schwingungen des orangefarbenen Lichts, treffen sie auf ein Metall, so erregen sie Erschütterungen von weit höherer Frequenz als Licht, aber nicht als regelmäßige Schwingungen, sondern, nach Stokes, als vereinzelte Impulse. Folgen-

der Versuch ist für die Elektronentheorie grundlegend. Von einer Silberkathode gehen im hohen Vakuum Kathodenstrahlen durch das Loch eines vor der Kathode befestigten Glimmerblättchens und erregen auf der gegenüberliegenden Glaswand helle Phosphoreszenz. Ist die Röhre einige Stunden hindurch in Tätigkeit, so sieht man, daß sich Silber auf dem Glimmerschirm in unmittelbarer Nähe der Kathode niedergeschlagen hat, während das andere Ende der Röhre, das stundenlang infolge des Anpralls der Elektronen geleuchtet hat, ohne Niederschlag ist. Der positiv elektrische Silberniederschlag wird gebildet von den positiven Ionen des Silbers, von denen sich die negativen Elektronen während der Entladung trennen.

Die Untersuchungen über die elektrischen Erscheinungen im Vakuum erhielten eine gewaltige Bereicherung durch die Entdeckungen von Lenard und Röntgen in den Jahren 1893—95. Dewar fand Beziehungen zwischen der Durchlässigkeit der Röntgenstrahlen und den Atomgewichten und zog daraus einen Schluß auf das Atomgewicht des Argons. 1896 folgte die Entdeckung der von dem Uran ausgehenden Strahlen durch Becquerel, in den nächsten Jahren die glänzenden Untersuchungen von Herrn und Frau Curie über die radioaktiven Körper. Zu diesen gehört vor allem das Radium. Über die Radiumstrahlen ist in d. Zeitschr. oft berichtet worden. Crookes hob die drei verschiedenen Arten dieser Strahlen hervor. Die Strahlen der ersten Gruppe bestehen aus negativen Elektronen und ähneln in jeder Beziehung den Kathodenstrahlen, sind sehr durchdringend und vom Magneten ablenkbar; sie gehen vom Radium mit $^1/_{10}$ der Lichtgeschwindigkeit aus, verlangsamen sich aber durch Zusammenstoß mit den Luftatomen. Die Strahlen der zweiten Gruppe bilden die positiven Körperionen, sind erheblich größer, weniger durchdringend und vom Magneten nur wenig, aber nach entgegengesetzter Richtung ablenkbar; sie bewegen sich mit nahezu Lichtgeschwindigkeit. Die Strahlen der dritten Gruppe sind sehr durchdringend, aber garnicht ablenkbar; sie entsprechen den Röntgenstrahlen und entstehen durch den plötzlichen Anprall der Elektronen an der festen Materie in Form Stokesscher Ätherimpulse. Die Masse eines Elektrons ist $^1/_{700}$ eines Wasserstoffatoms oder $3 \cdot 10^{-25}$g, es besitzt eine Geschwindigkeit von $2 \cdot 10^9$ cm in der Sek. und eine kinetische Energie von 10^{17} erg pro mg; nach Becquerel würde 1 qcm radioaktiver Oberfläche ein Gramm Materie in einer Billion Jahren aussenden. Im Gegensatz zu den Elektronen sind die Körperionen von bedeutender Größe. Sie werden daher von den Atomen aufgehalten, während die Elektronen zwischen den Körperatomen leicht hindurchgehen. Die Elektronen bringen besonders Baryumplatincyanür, die positiven Ionen Sidots Zinksulfid zur Phosphoreszenz, das umgekehrte in viel geringerem Grade. Mit Röntgenstrahlen verglichen sind die Elektronen weniger durchdringend als jene: eine mit Röntgenstrahlen in drei Minuten gemachte photographische Aufnahme braucht mit Radiumstrahlen drei Tage. Die Kraft, mit der die Radiumemanationen elektrisierte Körper entladen, hängt von der Ionisation des durchstrahlten Gases ab.

Nach der Elektronentheorie von Lodge besitzt ein chemisches Atom eine Anzahl überschüssiger negativer Elektronen, nach deren Entfernung es positiv geladen ist. Das Elektron ist klein im Vergleich mit der Hauptmasse, beim Wasserstoff $^1/_{700}$ derselben. Die negative Ladung ist bedingt durch die überschüssigen Elektronen, deren Zahl — eins, zwei, drei u. s. w. — der chemischen Valenz des Körpers entspricht; die Hauptmasse des Atoms besteht aus paarweisen positiven und negativen Gruppen. Sind die überschüssigen Elektronen entfernt, so wirkt das Restatom, das Ion, als massiver positiv geladener Körper. In einem hohen Vakuum reißt der Induktionsfunke diese Bestandteile des verdünnten Gases auseinander: während die positiven Ionen infolge der Kollisionen bald niedergeschlagen werden, werden die Elektronen mit enormer Geschwindigkeit vom negativen Pol fortgetrieben. Auf Grund dieser Forschungsergebnisse will Crookes zu der Franklinschen Ein-Fluidum-Theorie der Elektrizität zurückkehren. Faßt man das Elektron als das Atom oder als die Einheit der Elektrizität auf, so würde das sogenannte negativ geladene chemische Atom einen Überschuß an Elektronen, deren Zahl von der Valenz abhängt, enthalten, das positive Ion einen Fehlbetrag an Elektronen. Differenzen der elektrischen Ladung können so verglichen werden mit dem „debet“ und „credit“ einer Bankrechnung, wobei die Elektronen als Zahlungsmünze dienen.

Die Elektronentheorie paßt ausgezeichnet zu Ampères Ansicht, daß der Magnetismus in um die Eisenatome rotierenden elektrischen Strömen besteht. Die Elektronen besitzen ferner eine Eigenschaft, die man von der Materie als untrennbar ansieht, nämlich Trägheit. Thomson entwickelte 1881 den Gedanken der elektrischen Trägheit (Selbstinduktion), beruhend auf sich bewegender Ladung. Das Elektron erscheint hiernach nur als scheinbare Masse wegen seiner elektrodynamischen Eigenschaften; betrachten wir alle Formen der Materie als bloße Anhäufungen von Elektronen, so würde die Trägheit der Materie sich ohne materielle Basis erklären lassen. Nach dieser Auffassung wäre das Elektron das Crookessche „Protyl", durch dessen verschiedene Gruppierung sich die Elemente bilden.

Zum Schluß beschrieb Crookes einige Versuche, durch welche die von dem Radium fortgeschleuderten Teilchen direkt sichtbar gemacht werden können. Bringt man einige kleine Körnchen Radiumsalz auf einen Zinksulfidschirm, so zeigen sich auf der Oberfläche sofort glänzende Flecken grünen Lichts. Im dunkeln Zimmer unter einem Mikroskop mit $^2/_3$-Zoll-Objektiv erscheint jeder Fleck mit einem dunkeln Zentrum, umgeben von einem diffus leuchtenden Hof. Außerhalb dieses Hofes sprühen Funken über die dunkle Oberfläche des Schirms. Bringt man ein festes Stück eines Radiumsalzes in die Nähe des Schirms und beobachtet mit einer etwa 20 mal vergrößernden Lupe, so erscheinen die funkelnden Stellen sehr zerstreut; beim Nähern des Radiums werden sie zahlreicher und heller, bis bei Berührung die Lichtblitze einander so rasch folgen, daß die Oberfläche wie eine aufgeregte leuchtende See erscheint. Sind die funkelnden Punkte nur in geringer Zahl vorhanden, so erregen sie keine nachhaltige Phosphoreszenz und erscheinen wie Sterne auf dem dunkeln Himmel.

Polonium, Aktinium und radioaktives Platin erzeugen eine ähnliche Wirkung, nur sind die Funken in geringerer Zahl. Im Vakuum und bei der Temperatur des flüssigen Wasserstoffs findet die Erscheinung in derselben Weise statt. Man sieht die Funken sehr bequem, wenn man den Zinksulfidschirm an das Ende einer Messingröhre, ein Stück Radiumsalz etwa 1 mm davor bringt und durch die Linse am andern Ende der Röhre beobachtet. Crookes nennt diesen Apparat ein „Spinthariskop". Ist das Radium 5 cm von dem Schirm entfernt, so sieht man nicht mehr als ein oder zwei Lichtblitze in der Sekunde. Nähert man das Radium, so werden sie häufiger und sind bei 1—2 cm Entfernung nicht mehr zu zählen.

Die Erleuchtung des Schirms wird veranlaßt durch Emanationen, die Papier nicht durchdringen. Wir beobachten also wahrscheinlich das Bombardement des Schirms durch die von dem Radium fortgeschleuderten positiven Ionen. Jedes Teilchen wird nur sichtbar durch die große Ausdehnung der von ihm auf der empfindlichen Fläche verursachten Erregung, ebenso wie die einzelnen auf eine stille Wasserfläche fallenden Regentropfen nicht selbst, sondern nur vermöge der von ihnen erzeugten Wellenkreise sichtbar sind.

Nach Crookes' Ansicht wären wir hier Augenzeugen einer spontanen Zersetzung des Radiums und müßten so zu einem Zweifel an der dauernden Stabilität der Materie gelangen. „Diese fatale Eigenschaft der Atomzersetzung scheint allgemein zu sein und tritt ein, wenn wir ein Stück Glas mit Seide reiben; sie wirkt im Sonnenschein und in Regentropfen, im Blitz und in Flammen; sie herrscht vor im Wasserfall und in der stürmischen See. Und wenn auch die ganze Reihe menschlicher Erfahrungen zu kurz ist, um eine Parallaxe zu ergeben, aus der das Datum der Vernichtung aller Materie berechnet werden kann, so wird doch das „Protyl", der formlose Staub einmal wieder die oberste Herrschaft führen, und der Stundenzeiger der Ewigkeit wird dann eine Umdrehung vollendet haben." *Schk.*

Das Reflexionsvermögen der Metalle und seine Beziehungen zu dem elektrischen Leitvermögen. Von E. Hagen und H. Rubens. (*Ann. d. Physik 8, 1. u. 432; 1902. Berl. Akad. Ber. 1903, S. 269 u. 410. Verhdl. d. Dtsch. Phys. Ges. 1903, S. 113 u. 145.*) Um das Reflexionsvermögen von Metallen im ultravioletten und ultraroten Spektralgebiet zu bestimmen, maßen die Verff. die Intensität der direkt auffallenden und der reflektierten Strahlung durch Vergleich ihrer Wärmewirkungen. Zu dem Zwecke wurde in das Beobachtungsrohr eines Spektralapparats an Stelle des Fadenkreuzes eine lineare Thermosäule gebracht, die mit einem äußerst empfindlichen Galvanometer in Verbindung stand. Als

Lichtquelle für ultraviolettes Licht diente der positive Krater eines elektrischen Lichtbogens, — dessen Spektrum im ultravioletten Teil zwischen 385 $\mu\mu$ und 221 $\mu\mu$ eine Anzahl Emissionsbanden enthält, die noch genaue Messungen mit der Thermosäule zulassen. Die ultraroten Strahlen wurden durch einen Wasserkasten mit Quarzwänden eliminiert; zur Wegschaffung der diffusen sichtbaren Strahlung wurden Substanzen eingeschaltet, die nur die zu untersuchende Strahlenart absorbierten, alle andern aber durchließen. Man erhielt dadurch mit großer Genauigkeit lediglich die Energie der Strahlen, auf welche der Spektralapparat eingestellt war. — Für Untersuchungen im Ultrarot wurde als Lichtquelle ein Nernstscher Glühkörper benutzt.

Die Verff. bestimmten so das Reflexionsvermögen von Silber, Platin, Nickel, Stahl, Gold, Kupfer und verschiedenen Legierungen. Es zeigte sich, daß das Reflexionsvermögen des Silbers unterhalb der Wellenlänge 450 $\mu\mu$ schnell abfällt und bei 320 $\mu\mu$ ein Minimum von etwa 4 % erreicht, was auch schon von früheren Forschern auf anderem Wege gefunden war. Während also Silber für sichtbare Strahlen das am besten reflektierende Metall ist, zeigt es für ultraviolette Strahlen von 250—350 $\mu\mu$ das geringste Reflexionsvermögen nnd reflektiert bei 320 $\mu\mu$ weniger als eine einzelne Quarzfläche. Im Gegensatz zu Silber zeigen Gold und Kupfer im sichtbaren Spektralgebiet viel stärkere Änderungen als im Ultraviolett; das Minimum ist hier auch vorhanden, aber weniger deutlich. Platin, Eisen und Nickel zeigen für alle Strahlenarten annähernd den gleichen Verlauf des Reflexionsvermögens. Von den untersuchten Legierungen zeichnet sich das Magnalium Machs durch ein ausnehmend hohes Reflexionsvermögen aus, das selbst bei 251 $\mu\mu$ noch 67 % beträgt. Für ultrarote Strahlen war das Reflexionsvermögen bei allen Metallen und Legierungen viel gleichförmiger als für die sichtbaren und ultravioletten Strahlen. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß bei kurzwelligen Strahlen die molekulare Struktur der Substanzen schon einen störenden Einfluß ausübt.

Eine Ergänzung dieser Untersuchungen über das Reflexionsvermögen der Metalle bildete die Untersuchung der Absorption ultravioletter, sichtbarer und ultraroter Strahlen in dünnen Metallschichten. Die für die Versuche verwendeten Silber-, Gold- und Platinschichten wurden größtenteils durch Kathodenzerstäubung auf dünnen planparallelen Quarzplatten hergestellt. Die Messung der Schichtdicke erfolgte durch Wägung vor und nach der Zerstäubung; die Schichtdicken lagen beim Gold zwischen 50 und 100 $\mu\mu$, bei Silber zwischen 40 und 140 $\mu\mu$, bei Platin zwischen 20 und 90 $\mu\mu$. Durch besondere Untersuchungen wurde festgestellt, daß das Reflexionsvermögen von Gold für Schichtdicken von mehr als 50 $\mu\mu$ nicht wesentlich von dem maximalen Grenzwerte verschieden ist; dasselbe dürfte für Platin und Silber auch zutreffen, sodaß die gewählten Dicken groß genug sind, um die Absorptionskonstante genau bestimmen zu lassen. Die Verff. maßen mit derselben Methode wie vorhin die Intensität J der auffallenden und die Intensität i der von der Schicht durchgelassenen Strahlung; ist d die Schichtdicke, so wird die Absorptionskonstante aus der Gleichung $\frac{i}{J} = 10^{-ad}$ d. i. $a = \frac{1}{d} \log \frac{J}{i}$ bestimmt. Statt der auffallenden müßte eigentlich die eindringende Strahlung gemessen werden, doch werden die relativen Werte dadurch nicht beeinflußt.

Die Ergebnisse der Absorptionsmessungen waren durchaus den Ergebnissen der Reflexionsmessungen entsprechend. Bei allen Silberschichten fiel das Maximum der Durchlässigkeit genau mit dem Minimum der Reflexion im Ultraviolett zusammen und war sehr ausgeprägt. Durch Benutzung einer gleich dicken Schicht von 80 $\mu\mu$ für die drei Metalle war ein Vergleich derselben möglich. Platin zeigte sich als sehr stark und nahezu für alle Wellenlängen gleichmäßig absorbierend, Gold hatte von allen Metallen die größte Durchlässigkeit mit einem Maximum zwischen 0,50 und 0,55 μ, Silber war bei $\lambda = 0{,}321\ \mu$ etwa 1200 mal durchlässiger als Platin. Die Konstante a nimmt bei Platin mit wachsender Wellenlänge ab, bei Gold zeigt sie ein Minimum im Grün, beim Silber nimmt sie von Grün nach dem Ultrarot stark zu. Im Gebiete der größten betrachteten Wellenlänge ist Platin das

durchlässigste Metall, während es im Ultraviolett und im sichtbaren Spektralgebiet das bei weitem undurchlässigste ist.

Aus dem von den Verff. ebenfalls bestimmten „Extinktionskoeffizienten“ und dem Reflexionsvermögen ließ sich der Brechungsexponent der Metalle für die verschiedenen Wellenlängen berechnen. Derselbe fällt für Silber von 0,63 im Ultrarot auf 0,4 im Rot und 0,22 im Blau und erreicht im Ultraviolett bei 357 $\mu\mu$ ein Minimum von 0,2, steigt dann bis 251 $\mu\mu$ wieder auf 3,5. Das Silber hat also zuerst anomale, dann normale Dispersion. Bei Gold steigt der Brechungsexponent von 0,37 bei $\lambda = 700$ $\mu\mu$ auf 1,63 bei 450 $\mu\mu$, es hat also normale Dispersion; im Ultrarot ist sie anomal, indem n mit wachsendem λ bis auf 0,88 bei 1500 $\mu\mu$ sinkt. Platin hat hohe Brechungsexponenten (von 2,1 bei 450 $\mu\mu$ bis 4,5 bei 1200 $\mu\mu$) und starke anomale Dispersion.

Im weiteren Verlaufe ihrer Untersuchungen gelang es Hagen und Rubens, die optischen Eigenschaften der Metalle mit der elektromagnetischen Lichttheorie in Einklang zu bringen. Da Maxwell die Eigenschwingungen der Moleküle nicht in Rechnung zieht, diese aber im Bereich der kürzeren Wellen die optischen Eigenschaften erheblich beeinflussen, so kann man zu einer Bestätigung der Theorie nur gelangen, wenn man zu größeren Wellenlängen übergeht, bei denen die molekularen Schwingungen nicht mehr störend wirken. So zeigt sich in der Tat Platin, wie oben erwähnt, sehr durchlässig für ultrarote Strahlen, was seinem geringen Leitvermögen entspricht. Das Gleiche gilt für Wismut, das im Rot kaum $^1/_{1000}$, bei 4 μ schon 10 % der Strahlung hindurchläßt. Zur weiteren Untersuchung des Reflexionsvermögens im Bereich großer Wellen benutzten die Verff. die frühere Methode; nur wurden alle Linsen durch versilberte Hohlspiegel ersetzt, und an Stelle des Quarzprismas trat für 1 — 8 μ ein Flußspatprisma, für 8 bis 14 μ ein Sylvinprisma. Es zeigte sich, daß das Reflexionsvermögen R der verschiedenen Metalle (das im ultravioletten und sichtbaren Gebiet großen Schwankungen ausgesetzt ist) mit wachsender Wellenlänge dem Werte $R = 100$ % zustrebt, ferner, daß die Reihenfolge der Metalle, nach ihrem Reflexionsvermögen geordnet, stets dieselbe bleibt. Das zeigt sich noch deutlicher für den Wert $100 - R$, d. i. den Betrag der in die Metalle eindringenden Intensität. Ist ferner k die elektrische Leitfähigkeit des betreffenden Metalls, so zeigte sich, der elektromagnetischen Lichttheorie entsprechend, $(100 - R) \cdot \sqrt{k}$ als konstant; für $\lambda = 12$ μ war dieser Ausdruck bei allen untersuchten Metallen (mit Ausnahme von Wismut und Magnalium) im Mittel = 11,1. „Die eindringenden Intensitäten im Gebiet langer Wellen verhalten sich also umgekehrt wie die Wurzeln aus dem elektrischen Leitvermögen.“

Aus der Maxwellschen Theorie haben Drude und Planck eine einfache Beziehung zwischen dem Reflexionsvermögen und dem elektrischen Leitvermögen abgeleitet für den Fall, daß die Eigenschwingung der Moleküle nicht mehr von Einfluß ist. (*Drude, Physik des Äthers 1894 S. 574; Berl. Akad. Ber. 1903 S. 278.*) Es ist nämlich das Reflexionsvermögen

$$R = 1 - \frac{2}{\sqrt{\lambda \tau}} = 1 - 2\sqrt{\omega \cdot n},$$

wo λ die galvanische Leitfähigkeit, ω den Ohmschen Widerstand in absolutem elektrostatischen Maß, τ die Schwingungsdauer, n die Schwingungszahl der Strahlengattung darstellt. Aus dieser Formel berechneten Hagen und Rubens, indem sie auf das elektromagnetische Maßsystem übergingen und $n = 2{,}5 \cdot 10^{13}$ setzten, ihren Ausdruck $(100 - R) \cdot \sqrt{k}$ und fanden den Wert 10,2, der mit dem experimentell gefundenen ziemlich gut übereinstimmt. Die Übereinstimmung ist noch besser, wenn man die Rechnung für Strahlen von wesentlich größerer Wellenlänge (25,5 μ) durchführt. Da sich das Reflexionsvermögen der Metalle für große Wellen — wegen der asymptotischen Annäherung an 100 % — schwer bestimmen läßt, untersuchten Hagen und Rubens die Wärmeemission der Metalle für jene Wellen, die nach dem Kirchhoffschen Gesetz der Größe $100 - R$ direkt poportional ist. Zu dem Zwecke wurde für eine bestimmte Temperatur die Strahlung der zu untersuchenden Metallplatten mit der Strahlung eines absolut schwarzen Körpers verglichen. Die Platten, bezw. der „schwarze Körper“ (ein geschwärzter Kupferhohlkörper) wurden in die Seitenflächen eines viereckigen

Kupferkastens eingesetzt; in dem Kasten befand sich Anilin, das durch eine Heizspirale aus Konstantanband auf 170° gehalten wurde. Die von den Platten ausgehende Gesamtstrahlung ging durch ein Wasserdiaphragma und wurde nach einander von drei bezw. vier Flußspatflächen reflektiert; die so ausgesonderte Reststrahlung von etwa 25,5 μ (*d. Ztschr. X 99*) wurde dann durch einen versilberten Hohlspiegel auf eine Thermosäule konzentriert. Wegen der verschiedenen Dimensionen der Metallplatten und des schwarzen Körpers wurden die Strahlungen beider nicht direkt mit einander, sondern mit der einer kleinen Glasplatte verglichen. Bei Quecksilber wurde die Anordnung etwas abgeändert. Die Beobachtungen wurden für 12 verschiedene Metalle und drei Legierungen angestellt. Die für die einzelnen Metalle (mit Ausnahme des Wismuts) erhaltenen Werte von $C = (100 - R) \cdot \sqrt{k}$ schwanken innerhalb viel engerer Grenzen als bei der Wellenlänge von 12 μ; für die Metalle war C im Mittel = 7,33, für Legierungen 7,25, während der für 25,5 μ berechnete Wert 7,23 ist. Ein Einfluß der magnetischen Eigenschaften von Eisen und Nickel auf diese Strahlen war nicht festzustellen.

Das Emissionsvermögen $100 - R$ zeigte auch die von der Maxwellschen Theorie wegen der Widerstandsänderung der Metalle geforderte Abhängigkeit von der Temperatur. Man kann daher aus Emissionsversuchen die Größe und Richtung der Widerstandsänderung mit der Temperatur berechnen. Bei den Versuchen wurde nach der von Holborn und Kurlbaum angegebenen Methode (*d. Ztschr. XV 165*) die Strahlung eines glühenden Platinblechs mit der eines gleich temperierten schwarzen Körpers verglichen. Es ergab sich eine gute Übereinstimmung zwischen den berechneten und beobachteten Emissionswerten des Platinblechs; um einige Zahlen anzuführen, waren bei 170° der berechnete Emissionswert des Platinblechs 6,8, der beobachtete 6,6; bei 600° waren diese Werte 78,9 bezw. 79,6, bei 1500° 191 bezw. 189,5. Diese gute Übereinstimmung führt zu der Annahme, daß auch die übrigen optischen Konstanten mit den aus der Maxwellschen Theorie berechneten übereinstimmen werden. So läßt sich der Extinktionskoeffizient g der dem Brechungsindex ν für normale Inzidenz gleich ist, aus der Beziehung $g = \nu = {}^{200}/_{100 - R}$ berechnen. Ferner geht in die theoretische Berechnung der Konstante C außer Zahlenfaktoren nur die Lichtgeschwindigkeit und die Wellenlänge ein, die durch Strahlungsversuche ermittelt werden können. Dividiert man das Emissionsvermögen eines Metalles für die Wellenlänge λ durch C und quadriert den Quotienten, so erhält man, wie die Drude-Plancksche Formel erkennen läßt, das elektrische Leitvermögen eines Drahtes von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt in Ohm. Es lassen sich also durch bloße Strahlungsmessungen absolute elektrische Maßbestimmungen ausführen. *Schck.*

Strahlenfilter für ultraviolettes Licht hat R. W. Wood hergestellt (*Phil. Mag. 5, 257; Phys. Zeitschr. 4, 337; 1903*). Die Substanz, welche jene Wirkung hervorruft, ist das Nitroso-Dimethylanilin. Eine verdünnte Lösung davon in Glyzerin oder eine mit derselben gefärbte Gelatinschicht absorbiert die Strahlen zwischen 0,5 μ und 3,7 μ sehr stark und läßt sonst alles hindurch bis zu der letzten Kadmiumlinie bei 2 μ. Sehr dichtes Kobaltglas, das mit einem dünnen Nitroso-Gelatinfilm überzogen war, ließ nur das äußerste Rot und das Ultraviolett durch; das Rot wurde durch eine dünne Scheibe von „Signalgrünglas" entfernt. Ein mit jener Substanz gefärbter Gelatinfilm auf einer Quarzplatte ließ Strahlen unter 2,314 μ, eine Glyzerinlösung bis zu 2,147 μ hindurch. Das gefärbte Glas läßt man oft besser weg, da die Intensität der ultravioletten Strahlung dadurch auch verringert wird. Eine Gasflamme ist, durch einen solchen Schirm gesehen, unsichtbar. Bringt man den Schirm in den Strahlengang einer elektrischen Bogenlampe, so kann man durch große Kondensorlinsen einen dunklen Brennpunkt von ultraviolettem Licht erzeugen, in welchem ein Fläschchen mit Urannitrat lebhaft grün, wie ein großer Smaragd aufleuchtet. Die Schirme ermöglichen es, die ultravioletten Linien in Gitterspektren höherer Ordnung zu photographieren, ohne daß diese durch die darüber liegenden sichtbaren Strahlen gestört werden.

Der Verf. reproduziert das ultraviolette Kadmium- und das Eisenspektrum, die mit einem Konkavgitter entworfen wurden. Für photographische Zwecke wurde auch ein Schirm

hergestellt, der aus einem Gelatinfilm auf Glas bestand, der mit einer Mischung von Nitroso-Dimethylanilin und Uranin gefärbt war. Eine gewöhnliche (nicht orthochromatische) photographische Platte liefert dann ein allein mit ultraviolettem Licht aufgenommenes Bild. In dieser Weise hergestellte Mondphotographien zeigen scharfe Kontraste zwischen den hellen und dunklen Partien; bei Landschaften fehlen die Gegensätze außer zwischen weißen und nicht weißen Gegenständen. In einem mit ultraviolettem Licht aufgenommenen Bilde fehlen ferner beinahe gänzlich die Schatten, auch wenn die Aufnahme im hellen Sonnenschein stattfindet; es geht daraus hervor, daß die ultraviolette Strahlung hauptsächlich vom Himmel herrührt.

Ein anderes geeignetes Strahlenfilter für ultraviolettes Licht beschreibt D. A. Goldhammer (*Phys. Ztschr. 4, 413; 1903*). Eine 5 cm dicke Schicht von gesättigter Kobaltsulfatlösung läßt alle Strahlen von der Linie H bis zum Ende des ultravioletten Spektrums, außerdem noch etwas Rot hindurch. Eine gesättigte Lösung von Nickelsulfat absorbiert Rot, Blau und Violett bis etwa $0{,}39\ \mu$. Eine in Bezug auf beide Salze gesättigte Lösung J wurde nun mit dem dreifachen Volumen Wasser verdünnt und gab die Flüssigkeit A. Letztere gibt ein prachtvolles ultraviolettes Spektrum, läßt aber noch etwas Orange und Blau hindurch. Das Blau wird durch Hinzufügen einer genügenden Menge der gesättigten Lösung J zum Verschwinden gebracht, das Orange ebenso durch Hineintröpfeln einer sehr verdünnten Lösung von Hoffmannsviolett. Diese in einem Quarzgefäß erhaltene Flüssigkeit ist fast schwarz. läßt aber mehr ultraviolette Strahlen hindurch als J. Mit derselben ließen sich alle Vorlesungsversuche über ultraviolette Strahlen sehr gut ausführen.

Eine andere Methode, um nur ultraviolette Strahlen zu erhalten, besteht nach Goldhammer darin, daß man zwei Quarzprismen so hintereinander aufstellt, daß sie wie eine planparallele Platte wirken, und dann das zweite vorsichtig so verschiebt, daß nur ultraviolette Strahlen hindurchgehen. Bei Abblendung der sichtbaren Strahlen erhält man auf einem Fluoreszenzschirm ein von den ultravioletten Strahlen erzeugtes Spaltbild.

Einen sehr geeigneten Fluoreszenzschirm beschreibt der Verf. im Anschluß an ein früher schon in *Wied. Beibl. 23, 386* veröffentlichtes Rezept. 1 g Urannitrat wird mit 4 g heißem Wasser in einem Porzellantiegel aufgelöst und $1^1/_2$ g Ammoniumfluorid beigefügt, worauf das Ganze einige Minuten aufgekocht wird. Dabei bildet sich (im Gegensatz zu der früheren Angabe) ein Niederschlag, der, mit Gummiarabicum auf Papier aufgetragen, nach dem Austrocknen eine Fluoreszenz zeigt, die die des Ba-Pt-Cyanürschirms erheblich übertrifft. Für Röntgenstrahlen ist die Wirkung des neuen Schirms eine weniger gute. *Schk.*

Zur elektrischen Entladung. Eine Beeinflussung des elektrischen Funkens durch Elektrisierung fand E. Lecher (*Ann. d. Physik 9, 442; 1902*). Die Sekundärspirale eines Induktoriums wurde durch nasse Schnüre mit dem einen Pol einer Influenzmaschine verbunden und durch diese geladen; die nassen Schnüre dienten zum Ausgleich der Potentialschwankungen der Maschine. Werden die Elektroden des Rühmkorff über die Schlagweite auseinandergezogen, so beobachtet man bei gleichzeitigem Betrieb von Influenzmaschine und Rühmkorff, sobald die Sekundärspirale mit dem positiven Pol der Maschine verbunden ist, eine auffallende Verstärkung der durch Rühmkorffentladung erzeugten Büschel, dagegen ein vollständiges Verschwinden dieser Büschel, wenn die Sekundärspirale negativ elektrisiert ist. Bei Näherung der Elektroden treten bei positiver Elektrisierung der Anode zahlreiche Büschel auf, die dann plötzlich in einen Funken übergehen; wird negative Elektrizität zugeführt, so löscht der gerade entstandene Funke sicher aus. Hierbei nimmt man am besten eine stumpfe Spitze zur Anode, eine Kugel zur Kathode. Sind beide Elektroden Kugeln, so wird der Funke sowohl durch positive als durch negative Elektrisierung verstärkt. Ähnliche Erscheinungen beobachtete man bei Benutzung eines Wehnelt-Unterbrechers. Hier war noch bemerkenswert, daß ein durch Zufuhr positiver Elektrizität „angezündeter“ Funke durch Annäherung einer mit der Erde verbundenen Spitze (Bleistift) ausgelöscht, ein durch negative Elektrisierung ausgelöschter Funke durch eine solche Spitze angezündet werden konnte. Aus den Versuchen geht hervor, daß „die Elektrisierung einer Funkenstrecke, welche

die Potentialdifferenz der Elektroden gegenüber dem Dielektrikum ändert, auf die auftretenden Lichterscheinungen von großem Einflusse ist.“

Eine ähnliche Wirkung beobachtete M. Cantor, wenn er den Funken eines Induktoriums innerhalb eines elektrostatischen Feldes überschlagen ließ (*Ann. d. Physik 9, 454 (1902); 10, 214 (1903)*). Die Funkenstrecke befand sich innerhalb eines Messingzylinders, der durch Verbindung mit einer Leydener Batterie geladen werden konnte. Wenn der Funke unter gewöhnlichen Umständen gerade nicht mehr überging, setzte er sofort ein, sobald der Messingzylinder geladen wurde, und erlosch, wenn die Ladung zur Erde geleitet wurde. Eine andere Versuchsanordnung war der Lecherschen ähnlich, indem der ganze, isoliert aufgestellte Induktionsapparat mit der inneren Belegung einer durch eine Influenzmaschine geladenen Leydener Batterie verbunden wurde. Waren durch diese die 7,5 mm von einander entfernten Elektroden negativ geladen, so setzte der Funke ein und erlosch bei der Entladung wieder; dasselbe trat bei positiver Ladung erst mit einer Funkenstrecke von 10,5 mm ein. Die Erscheinung wurde noch deutlicher, wenn statt des Induktoriums eine große Influenzmaschine benutzt wurde. Auch mit rasch oszillierenden Feldern konnte man Ähnliches beobachten. Zur Herstellung derselben benutzte der Verf. die von Braun für drahtlose Telegraphie angegebene Anordnung (vergl. *ds. Zeitschr. XIV. 353*). Außer einigen anderen Versuchen wurde hier der die Drahtschwingungen enthaltende Draht mit einer Kupferscheibe eines Kondensators verbunden, dessen andere Scheibe mit dem Knopf eines Elektroskops verbunden war. Eine positive Ladung des Elektroskops blieb unter dem Einfluß der Schwingungen bestehen, eine negative Ladung wurde dagegen rasch zerstreut. — Die Versuche haben große Ähnlichkeit mit der Auslösung elektrischer Funken durch ultraviolettes Licht. *Schk.*

Magnetische Doppelbrechung. Bei Wiederholung der Versuche von Qu. Majorana über magnetische Doppelbrechung (*ds. Zeitschr. XVI 109*) machte Schmauss eine Beobachtung, durch die sich jene Erscheinung sehr bequem demonstrieren läßt. (*Ann. d. Phys. 10, 658; 1903*). Er brachte eine konzentrierte Lösung von Bravaiseisen in einem 1 cm breiten Troge zwischen die Pole eines Elektromagneten von 10000 C.G.S.-Einheiten und ließ senkrecht zu den Kraftlinien ein linear polarisiertes Bündel Lichtstrahlen, dessen Polarisationsebene unter 45° gegen die Kraftlinien geneigt war, hindurchgehen. Während die Lösung vor Erregung des Feldes den bekannten Anblick eines trüben Mediums bietet, sieht man nach Erregung des Feldes senkrecht zu den Lichtstrahlen und unter 45° gegen die Kraftlinien eine Anzahl paralleler, dunkler von farbigen Säumen begrenzter Streifen, deren Lage und Entfernung mit Änderung der Feldintensität auch geändert wird. Die Erscheinung beruht auf der Tatsache, daß die Intensität des von trüben Medien senkrecht zum durchgehenden Strahle diffus reflektierten Lichts von der Lage der Polarisationsebene jenes Strahles abhängt, diese Polarisationsebene aber infolge der Doppelbrechung ihre Lage mit der Eindringungstiefe des Strahls fortwährend ändert. Die Theorie zeigt, daß man senkrecht oder parallel zu den Kraftlinien keine Streifen, unter 45° zu jenen so viel Streifen beobachten muß, als der Gangunterschied der beiden Strahlenkomponenten in ganzen Wellenlängen beträgt; daß ferner senkrecht zu der letzten Richtung zu den vorigen komplementäre Streifen auftreten müssen. Das Auftreten farbiger Ränder bei Anwendung weißen Lichts zeigt, daß auch die magnetische Doppelbrechung für die einzelnen Farben verschieden ist.

Weitere Untersuchungen führten den Verf. zu einer von Qu. Majorana abweichenden Erklärung der magnetischen Doppelbrechung (*Ann. d. Phys. 12, 186*). Er beobachtete zunächst, daß sich die Doppelbrechung dauernd erhielt, wenn man die anfangs flüssige Lösung durch Zusatz von Gelatine im Magnetfelde allmählich erstarren ließ. Ebenso ließ sich die Doppelbrechung fixieren, wenn man die Lösung von Bravaiseisen auf einer Glasplatte im Magnetfelde eintrocknen ließ. Es zeigte sich ferner, daß die Doppelbrechung Zeit braucht, um in einer gelatinösen Lösung in voller Stärke zu erscheinen. Andrerseits verschwand die Eigenschaft der Doppelbrechung, wenn man die gelatinöse Lösung außerhalb des Feldes erstarren ließ. Alle diese Tatsachen sprechen für eine Erklärung der magnetischen Doppel-

b r e c h u n g d u r c h s u s p e n d i e r t e T e i l c h e n , d i e d u r c h d a s M a g n e t f e l d g e r i c h t e t w e r d e n . Diese Anschauung findet eine weitere Stütze in der Beobachtung, daß die ursprünglich stark negative Doppelbrechung der Bravaisschen Lösung mit steigender Temperatur abnimmt, bei einer bestimmten Temperatur verschwindet und dann positiv wird. Das erinnert an das Verhalten gewisser aus magnetischen und diamagnetischen Substanzen gemengter Stoffe, deren magnetische Eigenschaften sich bei steigender Temperatur durch verschieden starke Abnahme des Magnetismus gerade umkehren können. Von dem gleichen Gesichtspunkt läßt sich auch die von Majorana beobachtete Änderung des Sinnes der Doppelbrechung bei einer bestimmten Feldstärke betrachten. *Schk.*

Optische Resonanz. Wie in d. Zeitschr. *XV 232* berichtet wurde, hatte R. W. Wood an körnigen Niederschlägen der Alkalimetalle im durchgehenden Licht glänzendo Farben beobachtet. die er auf eine elektrische Resonanz der kleinen Teilchen für Lichtwellen zurückführte. Weitere Untersuchungen des Verf. bestätigten diese Auffassung, indem sie gleichzeitig die Erklärung jener Erscheinung durch Interferenz oder Beugung als unmöglich erwiesen (*Phil. Mag. Vol. 4, 425; 1902; Vol. 6, 259; 1903*). Wood stellte durch Kathodenzerstäubung Niederschläge von Gold her, deren Farbe von der Entfernung der Goldkathode und von dem Vakuum abhing. Unter gewissen Bedingungen war der Niederschlag grün, wie bei einem Goldblatt, unter anderen blau, violett oder purpurfarben. Die letzteren Farben änderten sich durch Benetzung mit Ligroin. Eine mikroskopische Beobachtung der Körnchen gelang zunächst nicht; doch wurden bei einem mit dem Diamanten gezogenen Striche zahlreiche Körnchen von derselben Größe wie die früher entdeckten Natriumteilchen gefunden. Ein Goldfilm zeigte sich im durchgehenden Licht purpurn, im auffallenden Licht glänzend grün; ein anderer hatte Stellen von Karminrot, Tiefblau und Grün in einer Intensität und Sättigung, wie sie keine Interferenzerscheinung zeigt. Die Farbe des selektiv reflektierten Lichtes hängt etwas vom Einfallswinkel ab, indem sie mit wachsendem Winkel von Grün in Blau übergeht. Das dem reflektierten Licht beigemischte Weiß kann mittels eines Nikols abgehalten werden; das gefärbte Licht erscheint dann außerordentlich hell. Befindet sich die Glasplatte, auf der der Niederschlag erzeugt wird, dicht an der Goldkathode (Golddraht), so ändern sich die Farben mit der Entfernung von der Kathode, indem in größerer Entfernung immer größere Teilchen niedergeschlagen werden. In der Mitte ist ein rein grüner Niederschlag, um diesen herum erscheint der Film im durchgehenden Lichte hellgelb, im reflektierten Lichte bläulich; in weiterer Entfernung ist die erstere Farbe purpurn, die zweite grün, dann wird jene rot, diese blau. Durch Erwärmung können alle diese Färbungen verändert und zuletzt in das strukturlose Grün umgewandelt werden. Die kleinen Resonatoren schmelzen dabei zu größeren zusammen, was durch Verringerung des elektrischen Widerstandes bestätigt wird. Daß es sich um eine Resonanzerscheinung handelt, wird auch dadurch bestätigt, daß bei Benetzen der Schicht mit einer Flüssigkeit von hoher Dielektrizitätskonstante die Farben des durchgehenden Lichtes sich wesentlich ändern, entsprechend einer Verschiebung des Absorptionsstreifens gegen das rote Ende des Spektrums.

Wood gelang es, gefärbte Films in prismatischer Form herzustellen; er fand, daß sie anomale Dispersion zeigen für Wellen, die länger oder kürzer sind als die nicht durchgelassenen, eine Erscheinung, die von Garbasso und Aschkinass auch für elektrische Wellen an Stanniolresonatoren beobachtet wurden. Er erhielt ferner farbige Films von Magnaliumniederschlägen im Vakuum und durch Kathodenzerstäubung des Selens. Ein besonderes Interesse gewährten die aus wässerigen Silberlösungen niedergeschlagenen farbigen Schichten. Um diese herzustellen, muß die Glasplatte mit etwas Gelatine abgerieben werden; die Platte wird dann erhitzt, mit der Silberlösung übergossen und rasch getrocknet. Die so erhaltenen Films sind wundervoll rot wie dickes Rubinglas mit einigen tief blauvioletten Flecken wie Kobaltglas. Der Verf. erhielt Films von so tiefem Rot, daß eine Gasflamme dadurch kaum sichtbar war. Durch Erwärmung konnte das Rot in Purpur und Blau verwandelt werden. Eigentümliche Absorptionserscheinungen zeigten sich, wenn man die Silberfilms im polarisierten Licht bei schräger Inzidenz untersuchte.

Von anderen Forschern sind die Versuche Woods bestätigt und erweitert worden. J. Kossonogoff stellte Schichten von Gold, Platin, Silber, Kupfer sowohl durch Kathodenzerstäubung, als dadurch her, daß er sehr verdünnte Lösungen eines Salzes der betreffenden Metalle auf stark erhitzten Spiegelplatten zerstäubte (*Phys. Zeitschr. 4, 208 und 258; 1903*). Alle Niederschläge zeigten körnige Struktur; die Körnchen hatten einen Durchmesser von 0,2 μ bis 0,5 μ. Die Farbe der Schichten war stets abhängig von der Größe der Körnchen und ihrer gegenseitigen Verteilung. Die Schichten von Gold, Silber, Kupfer waren im reflektierten Licht blauviolett, blaugrün, gelbgrün, rot, im durchgelassenen Licht bezw. grün, gelbgrün, blauviolett, violett. Bei Erhitzung oder Abkühlung nahm dieselbe Schicht eine verschiedene Farbe an. Alle Schichten wechselten die Farbe beim Anfeuchten mit Alkohol, Äther, Paraffin oder Benzin in eine Farbe von größerer Wellenlänge. Platinniederschläge zeigten, wie bei Wood, zunächst keine Farben, doch beobachtete der Verf. mittels eines guten Mikroskopes außerordentlich kleine Körnchen, die also nur Wellen von sehr geringer Länge zu reflektieren vermögen. Durch starkes, andauerndes Erhitzen werden die Platinkörnchen größer und man beobachtet dann auch eine tiefblaue Farbe der Platinschicht im reflektierten Lichte. Im allgemeinen ließ sich von jedem der untersuchten Metalle durch zweckmäßiges Verfahren eine Schicht von beliebiger Farbe herstellen. Schichten von Eosin und Fuchsin zeigten dasselbe Verhalten wie jene von Metallen, doch gelang hier nur die Herstellung je einer Farbe.

Die Ursache der Färbung der Schmetterlingsflügel führt Kossonogoff ebenfalls auf optische Resonanz zurück. Jede Schuppe der Flügel zeigt eine Reihe paralleler Rippen und zwischen diesen Rippen runde Körnchen in großer Anzahl und regelmäßiger Verteilung. Die Größe dieser Teilchen ist von der Größenordnung der Lichtwellen und verschieden, je nach der Farbe der betreffenden Schuppe. Es gelang dem Verf., diese Größe vermittelst eines Fuessschen Mikroskops zu messen. Um hier einige Beispiele zu geben, zeigten rote Schuppen eine Körnchengröße von durchschnittlich 0,796 μ, orange eine solche von 0,616 μ, grüne 0,507 μ, violette 0,409 μ, schwarze 0,3569—0,3598 μ. Die Größe der Körnchen stimmt merkwürdig gut mit der Wellenlänge der Farbe an der untersuchten Stelle des Flügels überein; die Körnchen der schwarzen Schuppen zeigen kleinere Dimensionen, als die Wellenlängen des sichtbaren Spektrums. Die auf den Schuppen liegenden Körnchen reflektieren daher infolge optischer Resonanz je nach ihrer Größe das Licht einer bestimmten Farbe. Bei Benetzung der Flügel mit einer Flüssigkeit von hoher Dielektrizitätskonstante änderte sich die Farbe nicht; die Körnchen bestehen daher wohl aus einer dielektrischen Substanz. Im Anschluß an diese Beobachtungen spricht der Verf. die Vermutung aus, daß auch bei den gewöhnlichen Körperfarben die optische Resonanz eine entscheidende Rolle spielen dürfte.

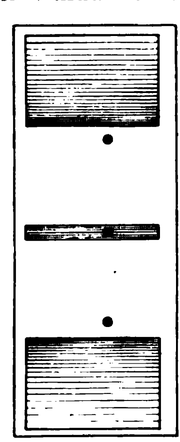
Ähnliche Farbenerscheinungen, wie sie Wood und Kossonogoff an körnigen Schichten wahrnahmen, wurden von A. Bock an dem von R. v. Helmholtz seiner Zeit studierten Dampfstrahl beobachtet (*Phys. Zeitschr. 4, 339 u. 404; 1903*). Wasserdampf, der aus einer 1,7 mm weiten Röhre unter 100 mm Hg-Druck ausströmt, kann dadurch, daß man Luft mit etwas Säure hineinbläst, beliebig gefärbt werden. Man beobachtet den Dampfstrahl am besten gegen ein hohes Fenster, dessen unterer Teil verhängt ist, bei bedecktem Himmel. In einer Vorlage befand sich zunächst etwa 20 ccm Säure; wurde diese mit Luft in den Dampfstrahl hineingeblasen, so erschien er azurblau bis violett. Die Säure wurde dann fortgesetzt mit je 1 ccm Wasser verdünnt, sodaß sich aber stets 20 ccm in der Vorlage befanden. Mit der Verdünnung änderten sich die Farben, indem der Strahl dann grünlich, gelb, rot, mit allen Übergangsfarben erschien. Quantitative Messungen ergaben, daß die relativen Konzentrationen (die Konzentration für blaues Licht = 1 gesetzt) sich verhielten, wie die reziproken Werte der Wellenlängen der vom Dampfstrahl selektiv reflektierten Lichtwellen. Beim natürlichen Dampfstrahl beobachtet man auch verschiedene Farbenzonen, indem die Kügelchen von der Ausströmungsöffnung ab immer größer werden, was auf der Änderung des Dampfdruckes beruht. Leitet man den Säureluftstrom auf eine bestimmte Farbenzone, so wird

der ganze Strahl danach gefärbt. Die Säure wirkt mithin durch Erniedrigung der Dampfspannung konservierend auf die Tropfen, indem bei jeder Konzentration eine bestimmte Tropfengröße am Verdampfen gehindert wird. Auf indirektem Wege gelang es dem Verf., für eine Farbe des Dampfstrahls die Tropfengröße zu bestimmen. Es ergab sich, daß der Durchmesser der Tröpfchen von der Ordnung der Wellenlänge derjenigen Lichtart ist, die er selektiv reflektiert. Wassertröpfchen mit Durchmesser von der Größenordnung einer Lichtwellenlänge λ liefern daher bei diffuser weißer Beleuchtung optische Resonanz, indem dieselben nur Licht von der Wellenlänge λ reflektieren.

Blickt man durch die Dampfwolke hindurch auf eine elektrisch beleuchtete, hochpolierte Stahlkugel, so beobachtet man prächtige Farbenringe. Aus dem Durchmesser und der Wellenlänge der Farbe eines Ringes wurde der Radius der Nebeltröpfchen bestimmt; er nimmt von 0,0034 mm bis 0,0046 mm zu. Durch Einblasen von Säure wandern die Ringe und werden größer. Aus Versuchen, die der Verf. bei verschiedener Färbung des Dampfes mit vorgesetzten Farbengläsern anstellte, ergab sich, daß bei der letzten Anordnung so lange erkennbare Diffraktionserscheinungen auftreten, als der Tropfendurchmesser größer ist als λ; wird derselbe $= \lambda$, so tritt optische Resonanz ein, werden die Tropfen kleiner, so werden sie unsichtbar.

War der Dampf durch konzentrierte Säure im Tageslicht azurblau und man sandte ein konzentriertes Bündel paralleler, verschiedenfarbiger Strahlen hindurch und beobachtete durch ein Nikol senkrecht zum einfallenden Lichtstrahl, so zeigte sich, daß rote, gelbe und grüne Strahlen polarisiert, blaue und violette dagegen nicht polarisiert waren. Es werden also in diesem Falle senkrecht zum einfallenden Lichtstrahl Wellen reflektiert, deren Länge größer ist als der Tröpfchendurchmesser; diese sind senkrecht zum einfallenden Strahl polarisiert. Die Strahlen, deren Wellenlänge gleich dem Tropfendurchmesser sind, erregen Resonanz und sind, ebenso wie die von noch kleinerer Wellenlänge, nicht polarisiert. *Schk.*

Kathodenstrahlen. Aus dem von Gehrke nachgewiesenen Geschwindigkeitsverlust, den die Kathodenstrahlen bei einer Reflexion erleiden (d. Zeitschr. *XV 98*) konnte man einen Schluß ziehen auf eine ähnliche Verminderung ihrer Geschwindigkeit beim Durchgang durch dünne Metallblättchen. Seitz hatte eine solche allerdings nicht wahrnehmen können (a. a. O. S. 99). Dagegen gelang es Leithäuser, diese Verminderung sehr deutlich nachzuweisen (*Berl. Akadem. Ber. 1902, S. 267*). Er benutzte eine der Gehrkeschen ähnliche Methode. Die Kathodenstrahlen gingen durch eine kreisförmige Blende, dann durch einen mit zweifacher Aluminiumfolie belegten Schlitz in einem Metallschirm. In das Aluminiumblatt war ein kreisförmiges Loch gebohrt. Man erhält dann auf dem am Ende der Vakuumröhre befindlichen Fluoreszenzschirm einen 3 mm breiten, 30 mm langen Streifen,



in dessen Mitte sich ein heller, kreisförmiger Fleck befindet; die Strahlen des Streifens hatten das Aluminium passiert, die des runden Fleckes nicht. Wurde nun das Magnetfeld erregt, so beobachtete man, wie der von den direkten Strahlen herrührende runde Fleck ohne Veränderung abgelenkt, der von den durch die Folie gegangenen Strahlen herrührende Streifen dagegen zu einem magnetischen Spektrum verbreitert wurde, dessen Bogen von der Potentialdifferenz zwischen Anode und Kathode abhing. Die Ablenkung des Flecks war bei 12000 Volt kleiner als die Ablenkung der Unterkante des Spektrums. In der Figur sieht man die bei Umkehrung des Magnetfeldes eintretende Ablenkung nach beiden Seiten. Die Helligkeit des magnetischen Spektrums nimmt nach der Seite der größeren Ablenkung hin ab. Aus der Größe der Ablenkung erkennt man, daß die durch die Aluminiumfolie hindurchgegangenen Strahlen eine erheblich geringere Geschwindigkeit besitzen als die direkten; einige zeigen die doppelte Ablenkbarkeit, also die halbe Geschwindigkeit der direkten Strahlen.

Die Leithäuserschen Beobachtungen fanden eine Bestätigung in den Untersuchungen von Des Coudres über die Beeinflussung der Kathodenstrahlen durch Lenardsche Fenster (*Phys. Zeitschr. 4, 140; 1902*). Die aus einem Aluminiumfenster nach allen Richtungen austretenden Strahlen trafen auf einen halbkreisförmigen Kupferschirm, in dem sich kleine Löcher befanden; durch diese wurden Strahlen unter verschiedenen Winkeln ausgesondert, die dann auf einen ebenfalls halbkreisförmig gestellten photographischen Film trafen. Durch eine das Ganze umgebende Drahtspule konnte zwischen Schirm und Film ein sehr gleichmäßiges Magnetfeld hergestellt werden. Während ohne dieses auf dem Film deutliche Lochbildchen erschienen, bildeten sich bei Erregung des Feldes magnetische Spektren, die nach innen scharf begrenzt, nach außen verwaschen waren. Die Intensität der von dem Fenster nach verschiedenen Richtungen ausgesandten Strahlen folgt nicht dem Kosinusgesetz, sondern nimmt bei wachsendem Winkel rascher ab. Je dünner die Fensterfolie ist, um so mehr überwiegen die wenig von der Normalen abweichenden Strahlen. Die senkrecht aus dem Fenster austretenden Strahlen haben eine größere Geschwindigkeit als die schief austretenden; der Unterschied ist bei dünneren Fenstern größer als bei dickeren.

In den letzteren Arbeiten ist die Inhomogeneität der reflektierten wie der durchgelassenen Strahlen immer auf eine Geschwindigkeitsänderung zurückgeführt worden. Es wäre indessen auch nicht ausgeschlossen, daß die verschiedene Ablenkbarkeit der Strahlen auf einer Änderung des Verhältnisses e/m (Ladung: Masse) beruhte. Um dieses festzustellen, untersuchte Starke das Verhältnis e/m für reflektierte oder durch Metallblättchen hindurchgegangene Strahlen (*Verhdl. d. Dtsch. Physik. Ges. 1903, S. 14*). Er benutzte dazu die von Kaufmann für Becquerelstrahlen eingeführte Methode, gleichzeitig in zwei aufeinander senkrechten Richtungen eine elektrische und eine magnetische Ablenkung zu bestimmen; bei inhomogener Strahlung erhält man dann auf einer photographischen Platte eine Kurve, aus deren Verlauf man e/m und v berechnen kann. Die Kurven wurden mit Zirkel und fein geteiltem Lineal direkt ausgemessen. Der Verf. gibt die zur Berechnung nötigen Größen, wie sie nach Reflexion der Strahlen an einem Kupferreflektor und beim Durchgange durch 0,002 dicke Aluminiumfolie bestimmt wurden. Es zeigte sich, daß die Größe e/m dadurch nicht verändert wird, daß mithin die Inhomogeneität der Strahlen allein auf einer Geschwindigkeitsänderung beruhen muß.

Die Tatsache, daß zur Erzeugung von Kathodenstrahlen stets Metallelektroden benutzt werden, läßt die Frage entstehen, ob die Fähigkeit, Strahlen auszusenden, vielleicht mit diesem Elektrodenmaterial zusammenhängt oder davon unabhängig ist. Um dieses zu entscheiden, nahm E. Bose Kathoden von Metalloiden und Elektrolyten (*Ann. d. Physik 9, 1065; 1902*). Es zeigte sich, daß auch die Metalloide Selen und Tellur in ihren metallisch leitenden Modifikationen im stande sind, als Kathoden in Vakuumröhren Kathodenstrahlen auszusenden. Dagegen gab elektrolytisch hergestelltes Bleisuperoxyd keine Kathodenstrahlen; sie traten erst auf, als es oberflächlich reduziert war. Elektrolyte, deren Dampfdruck klein genug ist für ein gutes Vakuum, senden ebenfalls durchweg Kathodenstrahlen aus. Der Verf. untersuchte Elektrolytglühkörper, konzentrierte Schwefelsäure, Phosphorsäure, erstarrte Lösungen von Ätzkali, Ätznatron und Chlorcalcium in Wasser: alle gaben deutliche Kathodenstrahlen. In dieselbe Kategorie dürften auch die in elektrodenlosen Röhren durch Teslaentladungen entstehenden Kathodenstrahlen gehören, die dort von der Glaswand, die auch als Elektrolyt zu betrachten ist, ausgehen.

Nach den Untersuchungen Goldsteins werden viele Salze durch Kathodenstrahlen gefärbt, verlieren diese Färbung aber wieder im Licht. Selbst das durch Kathodenstrahlen geschwärzte Bromsilber und Chlorsilber wird durch Bestrahlung von Sonnenlicht und diffusem Tageslicht, ersteres in kürzerer, letzteres in längerer Zeit regeneriert (*Verhdl. d. Dtsch. Phys. Ges. 1901, S. 182*). Zur Ergänzung dieser Untersuchungen dienen einige Beobachtungen, welche L. Zehnder an gewöhnlichen photographischen Schichten machte (a. a. O. *1903, S. 35*). Danach sind die Wirkungen der Kathodenstrahlen auf solche Schichten

durchaus verschieden von der Wirkung der Lichtstrahlen. Celloidinpapier wird durch Kathodenstrahlen braun, im Tageslicht violett. Das von Kathodenstrahlen getroffene Papier ist für Licht fortan weniger empfindlich und bleibt an solchen Stellen bei Belichtung heller als an Stellen, die den Kathodenstrahlen nicht ausgesetzt waren; man erhält so ein Negativ des vorher von Kathodenstrahlen erzeugten positiven Bildes. Andere Kopierpapiere zeigen ähnliche Erscheinungen, nur sind einige für Licht, andere für Kathodenstrahlen empfindlicher. Stellen, die von Kathodenstrahlen besonders stark gebräunt werden, verblassen bei Belichtung, werden dabei aber glänzender als die nicht von den Strahlen getroffenen Stellen. Legt man das Papier nach doppelter Bestrahlung in Fixiernatron, so verblassen die von den Kathodenstrahlen getroffenen Stellen rascher als die übrigen Teile, sodaß das Negativ wieder deutlich erscheint. Nach einiger Zeit verschwindet es wieder und kann je nach der Zeitdauer der Bestrahlungen und des Fixiernatrons in ein Positiv verwandelt werden. Ähnliche Erscheinungen beobachtete der Verf. auch bei Bestrahlung mit Kanalstrahlen oder mit ultraviolettem Lichte.

Über einige andere von G. C. Schmidt beobachtete chemische Wirkungen der Kathodenstrahlen wurde in dieser Zeitschr. *XV, 102* berichtet. Da die Kanalstrahlen sich den Kathodenstrahlen entgegengesetzt verhalten, indem sie eine positive Ladung mit sich führen, so lag der Gedanke nahe, daß sie sich auch in chemischer Hinsicht entgegengesetzt verhalten, d. h. oxydierend wirken würden. Dieses fand Schmidt aber nicht bestätigt (*Ann d. Physik 9, 703; 1902*). Die Kanalstrahlen wirken ganz allgemein zersetzend. Die Intensität der Lumineszenz fester Lösungen nimmt infolge dieser Zersetzung rasch ab. Während das Kathodenlumineszenzspektrum hauptsächlich eine Farbe zeigt, ist dies bei den Kanalstrahlen nur anfangs der Fall, dann wird das Fluoreszenzlicht weiß und zeigt alle Spektralfarben. Die Kanalstrahlen zersetzen sowohl das Glas, wie die bestrahlte Substanz, wie auch das in der Röhre befindliche Gas. Ist das Gas Sauerstoff, so kann durch Zersetzung desselben auch eine Oxydation eintreten; ist das Gas Wasserstoff, so können die Kanalstrahlen bei Anwesenheit einer reduzierbaren Verbindung auch reduzierend wirken. Die am meisten typische Reaktion für Kanalstrahlen ist die Zersetzung der Natriumsalze, bei denen die D-Linie hell auftritt. *Schk.*

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Zur Vorgeschichte des Thermometers. Von E. Wohlwill. *Mitteil. z. Gesch. der Medizin u. d. Naturw. 1902 Nr. 1—4.* In der Geschichte der Physik hat bisher immer noch große Unsicherheit darüber geherrscht, wer als der Erfinder des Thermometers anzusehen sei. In neuerer Zeit war man geneigt, an Stelle des früher viel genannten Drebbel vielmehr Galilei das größere Anrecht hierauf zuzuerkennen. In der vorliegenden Abhandlung aber kommt Wohlwill zu dem überraschenden Ergebnis, daß der Grundgedanke der Thermometrie keinem von beiden angehört, sondern aus einer anderen Quelle stammt.

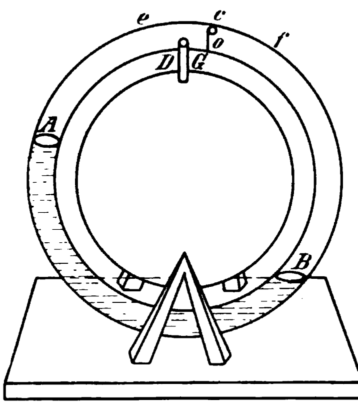


Fig. 1.

Der vor kurzem erschienene Band XI der großen Nationalausgabe von Galileis Werken enthält zwei Briefe, die Daniello Antonini, ein Schüler Galileis, aus Brüssel am 4. und 11. Februar 1612 an Galilei gerichtet hat, und worin sich die Beschreibung und Zeichnung des vielberufenen Perpetuum mobile von Cornelius Drebbel findet. Der Verfasser erkennt hierin eine willkommene Aufklärung über die bisher unbekannte Konstruktion des Instrumentes, dessen im Anhang zu Drebbels Schrift de elementis Erwähnung getan ist, und das Drebbel dem König Jakob von England als ein Instrument zur Veranschaulichung von Ebbe und Flut geschenkt hat. Antonini teilt in seinem zweiten Briefe die hier nebenstehende Figur (1) mit. „Der innere Kreis stellt eine Hohlkugel aus Metall dar, die durch das

kleine Rohr D mit der Glasröhre $e\,A\,B$ kommuniziert. In dieser befindet sich eine Flüssigkeit (Wasser), die man bald auf der einen, bald auf der anderen Seite in langsamer Bewegung aufsteigen sieht. Der Teil $e\,f$ der Röhre ist mit Metallfolie bedeckt. $c\,G$ bedeutet eine Verbindung [eine Scheidewand] und o eine Öffnung, derart, daß Luft durch diese eindringen kann, wenn die Flüssigkeit bei B sinkt, und austreten, wenn sie steigt." Aus dieser Beschreibung geht mit Sicherheit hervor, daß jenes Perpetuum mobile eine thermoskopische Vorrichtung von großer Empfindlichkeit gewesen ist. Daß sie von Drebbel zu Temperaturvergleichen benutzt worden sei, ist aus der Mitteilung nicht zu ersehen.

In Galileis Briefwechsel (Band X der Nationalausgabe) findet sich noch eine Notiz über ein Perpetuum mobile, das sich 1610 im Besitz Kaiser Rudolfs zu Prag befunden hat. Es wird in einem Brief des Gesandten Giuliano de Medici beschrieben als eine mondförmig gebogene feine Röhre, in der das Wasser von einer Seite zur anderen sich bewege; es rühre von einem Flamänder her, dessen Name nicht angegeben ist, doch ist es zweifellos, daß kein anderer als Drebbel der Urheber ist. Auch paßt die Andeutung über die Form des Instrumentes völlig zu einer Vorrichtung, die Monconys 1663 in London bei Drebbels Schwiegersohn gesehen und als von Drebbel herrührend beschrieben hat. Zum Überfluß findet sich auch noch in einer Kieler Dissertation de aëre von Ericus Wildeshausen (praeside Samuele Reyhero 1668) unter Hinweis auf Monconys' Werk eine Beschreibung und Abbildung des Instruments (Fig. 2). Von den beiden Kugeln A, B an den Enden der gebogenen Röhre C war die eine geschlossen, die andere mit einer kleinen Öffnung versehen. Es ist nicht sicher nachgewiesen, aber immerhin sehr wahrscheinlich, daß auch der Prager Apparat schon diese Erweiterungen an den Enden gehabt hat. Auch von diesem Apparat jedoch ist nicht bekannt, daß Drebbel jemals dessen Verwendbarkeit für den Zweck der Temperaturmessung zur Sprache gebracht hat; Drebbel gehörte zu „jener Art experimentierender Künstler, die mehr Wert darauf legten, durch ihre Künste Staunen und Vergnügen hervorzurufen, als Erkenntnis zu verbreiten".

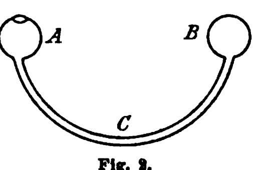


Fig. 2.

Daß die Änderungen der Luftwärme die Bewegung der Flüssigkeit in dem Instrument bewirkten, ist indeß den Schärferblickenden, wie dem erwähnten Antonini, nicht verborgen geblieben; dieser versah sogar eine etwas abgeänderte Form des erstbeschriebenen Perpetuum mobile, die eine gerade Glasröhre trug, mit einem hinter diese gestellten, mit Querstrichen versehenen Täfelchen, also mit einer primitiven Skale, „um die Bewegung aufzuzeichnen", er benutzte also — wenn auch ohne es ausdrücklich auszusprechen — bereits die Drebbelsche Vorrichtung als Thermoskop. Unter den Thermometern aus der ersten Hälfte des Jahrhunderts XVI findet man ferner eine ganze Reihe von solchen, die mit Drebbels halbkreisförmiger Röhre darin übereinstimmen, daß sie aus einer einzigen Röhre bestehen, deren beide Enden in Kugeln auslaufen. Alle diese Instrumente dürften auf die Drebbelsche Röhre zurückzuführen sein, zumal ihr Verbreitungsbezirk sich im wesentlichen auf die Niederlande und die angrenzenden Länder erstreckt, während aus Italien kein einziges Instrument dieser Art bekannt ist. Gewissermaßen vor unseren Augen vollzieht sich der Übergang aus Drebbels Perpetuum mobile in ein Thermoskop, wenn wir in einer Streitschrift eines Lütticher Arztes, van Heer, von 1624 die Worte lesen: „Ein scharfsinniger Mathematiker hat, um uns den Begriff der immerwährenden Bewegung anschaulich zu machen und zugleich erkennen zu lassen, welcher Teil des Hauses wärmer, welcher kälter, welcher mäßig kühl sei, ein Glas hergestellt" u. s. w. Der Gegner van Heers, der berühmte van Helmont gibt in seiner Erwiderungsschrift sogar eine genaue Beschreibung und Abbildung des Instruments (Fig. 3), das sich von der ursprünglichen Form nur durch die Geradlinigkeit der Röhre unterscheidet; die Flüssigkeit bewegt sich daher nicht mehr von einer Seite zur andern, sondern auf- und abwärts, F bezeichnet die Öffnung der unteren Kugel, $B\,C$ den Flüssigkeitsfaden, der aus Vitriol bestand und durch macerierte Rosen rötlich gefärbt war. Auch ein von P. Mersenne (1644) beschriebenes Instrument gleicht diesem, es

befindet sich darin ebenfalls ein auf- und absteigender Flüssigkeitsfaden. Nur in der Form abweichend ist ein Instrument, das Reyher (s. oben) in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts XVI in den Niederlanden gesehen hat; es besteht in einer zweischenkligen Röhre mit Kugeln an den Enden, hat also ganz die Form der noch heut gebräuchlichen Differentialthermoskope, nur daß die eine der Kugeln, wie bei Drebbel, eine feine Öffnung hat. Eine geringe Modifikation von Fig. 3 ist es, wenn die Flüssigkeit nicht als abgerissener Faden benutzt wird, sondern auch einen Teil der unteren Kugel erfüllt (Fig. 4). Ein solches Instrument beschreibt der Utrechter Henricus Regius (Henri de Roy) in seinem 1646 erschienenen physikalischen Lehrbuch. Um den zu jener Zeit bereits erkannten Einfluß des Luftdruckes auszuschließen, ließ man bald die noch bei Regius offen gebliebene untere Kugel zuschmelzen und umgab diese mit einem Holzgefäß, um sie vor dem Einfluß der Temperatur der Umgebung zu schützen, sodaß also nur die obere Kugel den Änderungen der Außentemperatur folgte. Solche Instrumente waren in den Niederlanden bis weit in die zweite Hälfte des Jahrhunderts in Gebrauch.

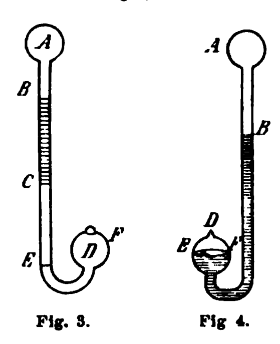


Fig. 3. Fig. 4.

Ein ähnliches Instrument, wie das van Helmontsche, beschreibt auch schon der Jesuit P. Leurechon zu Bar le Duc in seinem Kompilationswerk, den Récréations Mathématiques, wenigstens in der Ausgabe von 1628. Die Nähe der Niederlande läßt es berechtigt erscheinen, auch hier einen Zusammenhang mit der Drebbelschen Erfindung anzunehmen. Dies findet eine Bestätigung dadurch, daß der Kölner Caspar Ens in seinem Thaumaturgus mathematicus (Ausgabe von 1636) die Beschreibung von Leurechon übernommen, in der Überschrift aber zu ‚Instrumentum‘ noch das Wort ‚Drebilianum‘ hinzugefügt hat. Bei Leurechon (und nach ihm bei Ens) findet sich übrigens zum ersten Mal das Wort Thermometer. Auf den Zusammenhang dieser Art von Thermoskopen mit den anfangs beschriebenen Erfindungen Drebbels deutet endlich auch der Umstand, daß die thermometrischen Apparate im Laufe des Jahrhunderts XVI öfters (so bei Guericke) als Perpetuum mobile bezeichnet werden. —

Daß auf Drebbels Erfindung die fast gleichzeitige italienische einen Einfluß ausgeübt hätte, ist nach den Darlegungen Wohlwills kaum anzunehmen. Wahrscheinlicher ist, daß Drebbels Erfindung mit dem bis auf Heron zurückreichenden Versuch zusammenhängt, bei dem die Luft aus einer mit der Öffnung in Wasser tauchenden Retorte zum großen Teil ausgetrieben wird, worauf dann das Wasser in den Hals der Retorte eindringt. Die Erfindung Drebbels fällt nach vorhandenen Zeugnissen noch vor Ablauf des Jahres 1604. Ungefähr um dieselbe Zeit sind die Versuche Galileis über das Steigen und Fallen einer Flüssigkeit unter dem Einflusse der Änderungen der Lufttemperatur gemacht worden. Als Cesare Marsili im April 1626 über ein Instrument von der Art des Drebbelschen an Galilei berichtet, erwidert dieser, er habe „einen solchen Scherz“ (*un tale scherzo*) schon vor zwanzig Jahren in Padua gemacht, aber er habe mit Ebbe und Flut nichts zu tun. Hiernach würde die Erfindung Galileis in das Jahr 1606 fallen. Ein Brief Castellis vom Jahre 1638 verlegt ihn in das Jahr 1603. [Man wird dieser bestimmten Jahreszahl gegenüber Galileis eben erwähnte Angabe nur als eine ungefähre Datierung ansehen dürfen.] Nach Castellis Mitteilung nahm Galilei „eine Glasflasche von der Größe eines kleinen Hühnereies, deren Hals 2 Spannen lang und fein wie ein Getreidehalm war, und erwärmte die Flasche mit den Ballen der Hände; als er dann das offene Ende in ein untergestelltes Gefäß tauchte, in dem sich ein wenig Wasser befand, und aufhörte die Flasche zu erwärmen, stieg das Wasser sofort in dem Halse und zwar mehr als eine Spanne weit, in die Höhe“. Auch diese Vorrichtung knüpft augenscheinlich an den oben erwähnten Retortenversuch an, der sich bei Heron und nach ihm bei Porta, Benedetti und anderen findet. Merkwürdigerweise scheint aber auch Galilei die Verwendbarkeit seines Apparates für den Zweck der Temperaturmessung nicht erkannt zu haben; Wohlwill führt dafür mehrere stichhaltige Gründe

an. Die gewöhnliche Annahme, daß Galilei spätestens im Sommer 1612 eine solche Vorrichtung zum Messen von Temperaturen verwendet habe, stützt sich auf eine bisher falsch aufgefaßte Äußerung von Galilei selbst. Als Sagredo ihn am 30. Juni 1612 benachrichtigte, daß der Paduaner Arzt Santorio ein Instrument habe, woran er die Grade der Wärme und Kälte mit dem Zirkel messen könne, und auch eine Zeichnung beifügte, antwortete ihm Galilei, der Apparat sei in Wahrheit seine Erfindung. Die Beweiskraft dieser Äußerung ist bereits von Caverni beanstandet worden; Wohlwill legt überzeugend dar, daß Galilei Recht hatte, den Apparat als den seinigen zu erklären, und daß doch das Verdienst, erkannt zu haben, daß der Apparat sich zu Temperaturmessungen verwenden lasse, dem Santorio gebühre. Der von Sagredo gegebenen Beschreibung entspricht auch die Zeichnung, die sich in einem Werk des Santorio von 1626 befindet; auch hier ist noch keine Skale vorhanden, man sieht dafür auf der Röhre zwei Bändchen angebracht, das eine an der Grenze von Luft und Flüssigkeit, das andere etwa einen Zoll höher, vermutlich an der Stelle, zu der bei einer früheren Beobachtung die Flüssigkeit reichte. Es ist bemerkenswert, daß der Gedanke an eine Quantitätsbestimmung völlig in der Richtung der gesamten wissenschaftlichen Tätigkeit Santorios liegt. Er schickt der Mitteilung über sein Thermometer Betrachtungen über die Bedeutung der Quantitätsbestimmungen für die Behandlung der Krankheiten voraus. Er knüpft an eine Äußerung des Galen an, daß man, um das wahre Heilmittel anwenden zu können, auch die Quantität der Krankheit, d. h. das Maß ihrer Abweichung vom natürlichen Zustande bestimmen müsse. Zu diesem Zweck hat Santorio vier Instrumente ersonnen, deren eines eben das Thermometer ist. Die Erfindung des Thermometers durch Santorio ist demnach als das Ergebnis seines unermüdeten Suchens nach dem Quantitativen in der Medizin anzusehen. „Wir begreifen, daß der Suchende auch in dieser Richtung den entscheidenden Schritt zu tun vermochte, wo ein Galilei, so weit uns die Quellen zu sehen gestatten, auf der Vorstufe stehen geblieben war."

Inwieweit bei der Umgestaltung des Drebbelschen Perpetuum mobile zum Thermometer etwa die Kenntnis von Berichten über das Instrument des Santorio mitgewirkt hat, wird sich vielleicht durch weitere Forschungen feststellen lassen. *P.*

H. von Helmholtz über die Methode der Naturforschung. Im II. Bande des biographischen Werkes über H. von Helmholtz (S. 31 ff.) teilt L. Königsberger eine längere Aufzeichnung von Helmholtz über die Geschichte der Naturwissenschaften mit, die sich in einem Brief an Zeller findet, und aus der wir die nachfolgenden Abschnitte herausheben.

„Nichts ist einfacher als die Methode der Forschung dieser Wissenschaften, wie sich dieselbe schließlich, nachdem viele Irrwege vergebens betreten waren, festgestellt hat. Diese Methode, die unter dem Namen der induktiven beschrieben zu werden pflegt, ist in der Tat nichts anderes, als das Verfahren, welches der sogenannte gesunde Menschenverstand für die praktischen Zwecke des täglichen Lebens ohne alle wissenschaftliche Schulung von selbst einzuschlagen pflegt, und von dessen Anwendung wir selbst bei den intelligenteren Tieren unverkennbare Spuren finden. Durch Erfahrung suchen wir kennen zu lernen, wie sich die uns umgebenden Dinge unter diesen oder jenen Umständen, namentlich auch bei den Eingriffen, die wir durch unsere Handlungen machen, zu verhalten pflegen. Wir setzen dann voraus, daß in jedem neu eintretenden Falle der Verlauf der Dinge der gleiche sein werde, wie in allen früheren Fällen von hinlänglich ähnlicher Art. Der Unterschied zwischen der wissenschaftlichen Forschung und der alltäglichen Erfahrung liegt nur darin, daß wir in letzterer die Fälle so hinnehmen, wie sie der Zufall uns vorführt, daß wir uns mit den allmählich sich verdunkelnden Erinnerungen des Gesehenen begnügen, wie sie in unserm Gedächtnis haften bleiben, daß das einzige Maß, nach welchem wir quantitative und qualitative Unterschiede beurteilen, meist nur durch die Intensität und Art der sinnlichen Empfindung gegeben ist. Bei wissenschaftlicher Forschung dagegen suchen wir möglichst große Vollständigkeit in der Beobachtung der einzelnen Fälle und ihrer Abänderungen zu erreichen, indem wir sie entweder aufsuchen, wo sie sich von selbst darbieten, oder sie absichtlich durch den Versuch herbeiführen. Wir suchen dabei scharf und bestimmt die

Bedingungen abzugrenzen, von denen es abhängt, ob ein gewisser Erfolg eintritt oder ausbleibt, beziehlich in welcher Größe er eintritt, und ruhen nicht eher, als bis wir in jedem einzelnen Falle ähnlicher Art vorauszusagen wissen, was geschehen wird. Indem wir das Gefundene in genau definierte Begriffe fassen, in Wort und Schrift fixieren, erweitern wir die Erfahrung jedes Einzelnen durch die Erfahrung aller Mitlebenden und Vorausgegangenen. Wir sind dabei sicher, daß jede Abweichung von einem für wahr gehaltenen Gesetz die allgemeine Aufmerksamkeit um so stärker erregen wird, je fester der Glaube an seine Richtigkeit war. So bleiben die schon gewonnenen Ergebnisse der Wissenschaft einer dauernden Kontrolle ihrer Richtigkeit oder eventueller Verbesserung unterworfen. Aber alles dies ist im Grunde nichts als eine möglichst sorgfältige und konsequente Ausführung dessen, was ein verständiger Mann für die nächstliegenden praktischen Zwecke auch ohne alle wissenschaftliche Schulung zu tun pflegt.

Natürlich dürfen wir uns darüber nicht wundern, wenn dem Jünger der Wissenschaft eine um so schwerere Arbeit des Denkens zugemutet wird, je umfassender und je schärfer bestimmt die Gesetze werden, welche er verstehen und anwenden soll. Die allgemeinsten Prinzipien der Mechanik scheinen freilich von der Anschaulichkeit eines populären Erfahrungssatzes weit entfernt zu sein. Sie sind die Zauberformeln geworden, mit deren Hilfe die moderne Menschheit die widerstrebenden Gewalten der Natur in ihren Dienst gebannt hat, und doch sind sie auf demselben Wege gewonnen, der mit kleinen Fertigkeiten und Kunstgriffen des praktischen Lebens begonnen hat.

Daß die Nationen des klassischen Altertums weniger naturwissenschaftliche Kenntnisse gehabt haben als wir, die wir auf ihren Schultern stehen, wird uns nicht in Erstaunen setzen dürfen. Wir wundern uns vielleicht öfter darüber, daß sie dieses und jenes gewußt haben, als über das Gegenteil. Was uns aber immer wieder in Verwunderung setzt, ist, daß diese Völker, die in der Ausbildung der Sprache, des Rechts, der staatlichen Ordnung, in der Geschichtsschreibung und philosophischen Abstraktion uns in keiner Weise nachstanden, in vielen Richtungen künstlerischer Tätigkeit uns sogar entschieden überlegen waren, eine auffallende Unfähigkeit zeigen, die richtigen Wege für die Lösung naturwissenschaftlicher Probleme zu finden, ja auch nur die richtigen Fragen zu stellen. Es macht den Eindruck, als sei ihnen die Methode, welche schließlich die reichen Früchte gezeitigt hat, zu einfach und zu einfältig erschienen, um Großes von ihr zu hoffen, und daß sie geglaubt haben, erhebliche Resultate nur durch stärkere Anspannung des Denkens erreichen zu können."

Auf die hieran sich anschließenden sehr interessanten Ausführungen über die Geschichte der Naturforschung von Aristoteles bis Newton müssen wir uns an dieser Stelle nur hinzuweisen begnügen. *P.*

---

4. Unterricht und Methode.

Physikalische Schülerübungen in Österreich. Dr. Gustav Schilling hatte in dem Verein „Realschule" die Frage der physikalischen Schülerübungen allgemein behandelt und man hatte zur Durchberatung der Einzelheiten einen Sonderausschuß eingesetzt, der aus den Herren Direktoren Januschke, Dechant, v. Eysank, Schulrat Glöser und den Herren Professoren Gschnitzler, Hirschler, Kraus, Petrik, Dr. Rosenberg und Triesel bestand. Die Ergebnisse dieser Beratung legte Herr Schilling dem Deutsch-Österreichischen Mittelschultag am 7. April 1903 in einer Rede über den „Entwurf eines Planes für physikalische Schülerübungen" vor. (*Vierteljahresber. d. Wiener Ver. zur Förderung d. phys. u. chem. Unterr. 8. 88: 1903.*) In der Einleitung erörterte er kurz den Nutzen solcher Übungen und den Stand der Angelegenheit in den Vereinigten Staaten, in England und im Deutschen Reiche.

Bei der Entwicklung der Grundsätze für physikalische Übungen an den österreichischen Mittelschulen schlug der Redner vor, die Schüler aller Klassen, in denen Physik vorkommt, zu praktischen Übungen zuzulassen und die Übungen wahlfrei zu gestalten. Er hält es freilich für wünschenswert, die Vorteile der Übungen allen Schülern zuzuwenden und beschränkt sich nur deshalb auf die Forderung wahlfreier Übungen, weil ihm diese

allein erreichbar erscheinen. Den Hauptnachdruck legte Herr Schilling darauf, daß in erster Linie die Schüler der unteren Klassen zu den Übungen herangezogen werden. Er besprach dann eingehender die Übungsaufgaben und deren Ausführung und die Schülerlaboratorien. Der Redner trat für wöchentlich zwei zusammenhängende Übungsstunden ein. Er ist der Ansicht, daß die Zahl der Schüler, die ein Lehrer gleichzeitig bei den Übungen beschäftigen und beaufsichtigen könne, höchstens zwanzig betrage. Um die Kosten zu decken, schlägt er vor, ähnlich wie bei den chemischen Übungen eine Laboratoriumstaxe von etwa 12 K. jährlich zu erheben.

Im Anschluß an diese Rede des Herrn Schilling versprach Herr Hofrat Dr. Ferdinand Maurer seinen ganzen Einfluß einzusetzen, damit die physikalischen Schülerübungen eingeführt und die zu diesem Zwecke nötigen Unterstützungen von der Regierung bewilligt würden.

Am Nachmittag desselben Tages hielt Herr Prof. Dr. Johann Kleinpeter einen Vortrag über praktisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Bei dem naturwissenschaftlichen Unterricht handele es sich um die Einführung einer Reihe von Begriffen, welche dem Schüler ganz unbekannt sind. Es soll hier das Denken unmittelbar an die Wirklichkeit angegliedert werden. Wie es bei fremden Sprachen als Ziel gilt, daß der Schüler in den fremden Sprachen denken lerne, so wird das Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts sein, daß der Schüler an die Tatsachen anknüpfend denkt. Ein Nachteil des bisherigen Unterrichtssystems liege darin, daß bei ihm nur auf die intellektuelle Seite Nachdruck gelegt werde, während die beiden anderen Seelenvermögen, Gefühl und Wille, vernachlässigt werden. Zur Ausbildung der Willenstüchtigkeit geschehe viel zu wenig. Der Schüler solle lernen, ein bestimmtes Ziel, das ihm gesetzt wird oder das er sich selbst setzt, anzustreben. Nicht bewährt haben sich Schülerübungen, welche dem Schüler kein Ziel setzen. Das Hauptziel der Übungen würden Messungen und Anfertigungen von Apparaten sein. Demonstrationsversuche blieben wohl am besten dem Lehrer vorbehalten. Voraussetzung der Erreichung des angestrebten Zieles sei eine geeignete Lehrerausbildung. Hier sei zunächst der Hebel anzusetzen. Auf allen Universitäten sollten praktische Kurse unter der Leitung eines Mechanikers errichtet werden, die für die Lehramtskandidaten verbindlich sind. Es sei festzuhalten, daß der praktische Unterricht vorerst nicht nur für die Schüler, sondern auch für Lehrer und Direktoren wahlfrei sein solle.

Bei der Debatte über die Thesen des Prof. Schilling traten Direktor Huber und der Landesschulinspektor Regierungsrat Dr. Ignaz G. Wallentin dafür ein, daß die physikalischen Übungen in den unteren Klassen zu beginnen seien. Die Thesen des Prof. Schilling wurden in folgendem Wortlaut angenommen: 1. Es erscheint wünschenswert, zur Vertiefung des Physikunterrichts physikalische Schülerübungen und zwar zunächst solche Übungen an einzelnen Anstalten versuchsweise einzuführen. 2. Die hohe Unterrichtsverwaltung wird daher gebeten, die Einführung solcher Übungen durch die Bewilligung entsprechender Mittel etc. zu ermöglichen. Ebenso gelangten die Thesen des Prof. Dr. J. Kleinpeter zur Abstimmung und Annahme: 1. Im Unterrichte in allen naturwissenschaftlichen Fächern ist die praktische Betätigung der Schüler anzustreben. 2. Für Lehramtskandidaten der Physik sind an den Hochschulen obligate praktische Kurse unter Mitwirkung von Mechanikern einzurichten.

Diese Beschlüsse des Deutsch-Österreichischen Mittelschultags sind mit Freuden zu begrüßen und es ist im Interesse des physikalischen Unterrichts zu wünschen, daß auf die Worte auch die Taten folgen. Der Berichterstatter enthält sich unter Hinweis auf den Vortrag, den er zu Pfingsten d. J. auf der 12. Hauptversammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften zu Breslau gehalten, kritischer Bemerkungen zu Einzelheiten der beiden Reden, da er deren Inhalt in den Hauptsachen zustimmt, nur macht er seine österreichischen Fachgenossen darauf aufmerksam, daß praktische Übungskurse für Lehramtskandidaten, wie die von Herrn Geh. Regierungsrat

Dr. Vogel zu Berlin geleiteten, für die Erreichung des angestrebten Zweckes wohl noch geeigneter sein dürften als die in Aussicht genommenen Universitätskurse. *H. Hahn.*

Der physikalische Unterricht in den Vereinigten Staaten. Am 28. November 1902 hielt Ernest J. Andrews auf der ersten Versammlung der Central Association of Physics Teachers einen Vortrag über neue Ereignisse auf dem Gebiete des physikalischen Unterrichts in den Vereinigten Staaten. (*School Science*, *2*, *477; 1903.*) Er berichtete, daß zur Zeit eine große Zahl höherer Lehranstalten im Bau, andere vollendet sind. Boston hat vier neue Bauten vollkommenster Art fertiggestellt, Philadelphia eine prächtige höhere Knabenschule, die 1 533 000 $ kostet, geschaffen, Chicago ein vortreffliches Gebäude errichtet und zwei andere im Bau. Vor 40 Jahren gab es in den Vereinigten Staaten 45 high schools, heute bestehen mehr als 6000, und ihre Zahl wächst schnell. Die erwähnte Philadelphia Central high school ist die größte und bestausgestattete höhere Lehranstalt der ganzen Welt, sie ist für 2400 Schüler berechnet; ihre Aula fast 2500 Menschen; sie besitzt ein Fernrohr mit 14-zölligem Objektiv, das 30 000 $ gekostet hat. In dem neuesten Chicagoer Schulgebäude, in der Robert A. Waller high school sind sechs Räume für den physikalischen Unterricht bestimmt: ein Hauptlaboratorium, ein Lehrzimmer, eine Werkstatt, eine Dunkelkammer, ein Sammlungsraum und ein Privatlaboratorium für den Lehrer. Einige der neueren Gebäude sind noch reicher ausgestattet. Cambridge besitzt ein Schülerlaboratorium für Licht und Wärme, eins für Mechanik und eins für Elektrizität. New Haven hat ungefähr ebensoviel Räume. An der erwähnten neuen Chicagoer Anstalt hat man für Schülerapparate 2500 $ und für Demonstrationsapparate etwa 5000 $ ausgegeben. Dem physikalischen Unterricht steht zur Verfügung eine vollständig ausgestattete Werkstatt, heißes und kaltes Wasser, Wasserdampf, Gas, elektrischer Strom, der in 34 Spannungsstufen von 500 V bis zu 1 V jeder Zeit zur Hand und mit besonders konstruierten Umschaltern versehen ist, die jede gewünschte Verbindung von Zellen, Lampen, Widerständen, Voltmetern, Amperemetern u. s. w. gestatten, sodaß keine Zeit verloren geht, um Verbindungen herzustellen oder zu ändern. Das Lehrzimmer, das mehrere Klassen gleichzeitig aufzunehmen vermag, besitzt eine Projektionseinrichtung und kann in 12 Abschnitten durch einen Schalter, der gleichzeitig den Projektionsschirm herunterläßt, verdunkelt werden. Die Central high school of Kansas City besitzt als Werkstattsausrüstung einen Motor von $7^1/_2$ Pferdekräften, eine 15-zöllige Drehbank, eine 9-zöllige Barnes-Drehbank, eine 10-zöllige Drechselbank, eine Banksäge, eine Scheibensäge, ein Schmirgelrad, einen Maschinenschleifstein, ein Polierrad und eine Bohrpresse; dies alles dient nur zum Bau und zur Reparatur physikalischer Apparate.

Diesen üppigen Ausstattungen entsprechen keineswegs glänzende Gehälter der Lehrer, und es besteht eine gewisse Mißstimmung unter diesen, der Andrews mit folgenden Worten Ausdruck verleiht: Sometimes, when the physics teacher is struggling to repair some piece of broken apparatus, or is poring over the note book of some pupil who can neither cipher, spell nor write, a faint suspicion crosses his mind that all of this equipment, valuable as it is to the student, is a little hard on his own family, as the feeling is apt to creep in that his own salary is sacrificed for the equipment. Then it is he wends his weary way homeward, calls up his oldest son, and says: „Well, John, if you still yearn more for work than for study, go ahead; after all, it doesn't seem to pay to spend a decade in learning how to teach“. And thus the schools lose another student and the country a teacher. It seems to be conceded that teachers are philanthropists, and they are willing to be philanthropists; but they sometimes feel as if they would like their charity to begin at home.

Andrews hebt dann hervor, daß das Streben vorhanden ist, mehr Zeit auf den physikalischen Unterricht zu verwenden, nur Milwaukee hat die wöchentliche Stundenzahl von 7 auf 5 herabgesetzt. Buffalo hat den Unterricht auf ein Jahr ausgedehnt; Baltimore und Cambridge haben jetzt zwei Jahre. In Chicago plant man, die Schulzeit der high schools von 4 auf 6 Jahre zu erhöhen und während zweier Jahre Physik zu unterrichten. Eine solche Änderung in der Verfassung der high schools würde diese unseren Vollanstalten mindestens gleichstellen.

Diese Ausführungen beleuchten blitzartig den eigenartigen Zustand und die Entwicklung des physikalischen Unterrichts in den Vereinigten Staaten. Doch legt man in den Vereinigten Staaten nach Art reicher Emporkömmlinge oft mehr Wert auf die Schale als auf den Kern und vergeudet manchmal große Summen in unzweckmäßigen Übertreibungen. Der wunde Punkt des amerikanischen Unterrichtswesens ist die Lehrerfrage. Doch gibt es auch dort wie überall geborene Lehrer, und es ist der Zeitpunkt abzusehen, in dem durch deren Tätigkeit nach der Sättigung der breiteren Massen mit äußeren Gütern sich ein ausgezeichneter Lehrerstand gebildet hat, der in Verbindung mit den reichen für den Unterricht aufgewendeten Mitteln im stande ist, den Schwerpunkt der geistigen Bildung aus der alten nach der neuen Welt zu verlegen. Auch hier haben die Völker Europas heiligste Güter zu wahren. *H. Hahn.*

Didaktik der Chemie an der Universität Leipzig. Durch Bestimmung des Kgl. Sächsischen Ministeriums ist die Didaktik der Chemie seit dem Februar dieses Jahres ein amtlicher Lehrgegenstand an der Leipziger Universität geworden. Diese Neuerung, für die ein Vorbild bisher wohl an keiner deutschen Hochschule bestanden hat, ist der Anregung von Wilhelm Ostwald, der sein Interesse für Unterrichtsfragen auch sonst schon in rühmenswerter Weise bekundet hat, zu danken. Den Lehrauftrag für dieses Fach hat Herr Julius Wagner, ein langjähriger Mitarbeiter von Ostwald, erhalten; in welchem Sinne er ihn auffaßt, hat er in großen Zügen in seiner Antrittsvorlesung dargelegt[1]. Von besonderem Interesse ist die Stellung des Verfassers zur Frage der Ausbildung der künftigen Lehrer an höheren Schulen — der Mittelschullehrer, wie er sie im österreichischen Sinne nennt; hier hat nämlich seine Tätigkeit sofort anzusetzen, da er verpflichtet ist, „die Übungen derer, die künftig an den Mittelschulen den Unterricht in Chemie erteilen sollen, namentlich auch in praktischer Beziehung zu leiten". Für diese Übungen stellt sich Herr Wagner, indem er sie auf zwei aufeinander folgende Semester veranschlagt, ein doppeltes Ziel: Sie sollen „den Studierenden mit der Chemie besser vertraut machen, als es durch den Unterricht in der Vorlesung oder durch Bücher geschehen kann"; dann aber sollen sie ihm „die Fähigkeit geben, die Versuche auszuführen, die künftighin bei seinen Schülern den Vortrag unterstützen sollen". Diese Ziele werden sicherlich bei allen Schulmännern — auch bei denjenigen, die weniger eine gesonderte Ausbildung für die künftigen Lehrer als eine allgemeine Reform des chemischen Studiengangs wünschen — Anerkennung finden. Aber die Absichten des Verfassers gehen noch weiter; er hält es nämlich für ersprießlich, den Unterricht auf der Universität so anzuordnen, „wie der Lehrer seinen eigenen Unterricht später zu gestalten hat". Dies wird bei vielen Bedenken wachrufen. Eine „methodische Anordnung des gesamten chemischen Lehrstoffs" zu geben, wie der Verfasser will, ist wohl weniger Sache der Universitätslehrer als der eigentlichen Praktiker; ein wirkliches Leben kann überdies die Methodik erst für den gewinnen, der sie anzuwenden hat, für den angehenden Lehrer also nicht früher als bei seiner ersten Tätigkeit an den mit den höheren Schulen verbundenen Seminarien. Jedenfalls ist es interessant zu beobachten, daß, während der chemische Schulunterricht bis zum Auftreten von Arendt, Wilbrand u. s. w. unter der Nachahmung der akademischen Methode gelitten hat, hier ein Hochschullehrer seinen Stoff so anordnen will, wie es den Anforderungen der Mittelschule entsprechen würde. Immerhin will Herr Wagner dem pädagogischen Fachmanne das Gebiet der eigentlichen Didaktik überlassen. „Die Art und Weise, mit der er den Lehrstoff im einzelnen für den Unterricht verwendet und verarbeitet, kann nur von ihm gefunden werden, denn er nur hat die eingehende Kenntnis des Schülermaterials, und nur er weiß, in welcher Form er den Lehrstoff im einzelnen darzustellen hat, damit er von den Schülern in gedeihlicher Weise aufgenommen wird u. s. w." Wie aber die Methode durch den Pädagogen, so soll der Stoff durch den Hochschullehrer bestimmt werden. Es muß „ausgesprochen werden, daß dem Mittelschullehrer im allgemeinen die

[1] Über den Anfangsunterricht in der Chemie von Julius Wagner. Nach der am 28. Februar 1903 in der Aula zu Leipzig gehaltenen Antrittsvorlesung. Leipzig 1903, Joh. Ambrosius Barth.

Übersicht über das gesamte Gebiet fehlt, so daß er nicht im stande ist, das herauszugreifen, was wesentlich für die Darstellung ist. . . . . So muß es als das vorzugsweise Recht des Hochschullehrers der Chemie betrachtet werden, zu bezeichnen, was er als wesentlich für den ersten Unterricht in dieser Wissenschaft, was er als nützlich und notwendig erachtet". — Gegen die hier ausgesprochene — wie wir glauben, zu niedrige — Einschätzung unserer Fachgenossen sei Widerspruch erhoben. Es gibt unter diesen eine große Zahl von Männern, die auf der Universität denselben Bildungsgang durchgemacht und sich hierüber in der gleichen Weise ausgewiesen haben wie die späteren Hochschullehrer; ihnen, die überdies fortgesetzt an der Erziehung der Jugend zum Ideal allgemeiner und — was hierin eingeschlossen ist — naturwissenschaftlicher Bildung praktisch arbeiten, muß wohl in erster Linie das Recht der Einwirkung auf die Bestimmung des Unterrichtsstoffes zuerkannt werden. Oder sollte der Lehrer der Chemie wissenschaftlich minder hoch stehen als seine philologischen oder mathematischen Amtsgenossen?

Um zu einer „im Unterrichtsstoff entspringenden Methode" zu gelangen, durchschreitet der Verfasser „mit großen Schritten, mit Rücksicht auf den methodischen Gang der Erkenntnis, die Geschichte der Chemie". Er gelangt hierbei zu Ansichten über die Überschätzung der systematischen Chemie, wie sie vor ihm Arendt und andere wiederholt ausgesprochen haben. Als wesentlich erscheint ihm die allgemeine Chemie, und dem entspricht das Schema, das er für die Übungen der künftigen Lehrer entwirft. Diese will er nicht mit der so viele Fähigkeiten und Vorkenntnisse beanspruchenden qualitativen Analyse beginnen, sondern mit einer Einführung in die Operationen, die für alle chemischen Arbeiten grundlegend sind. Der Unterricht soll anfangen „mit dem Messen und Wägen, es schließen sich an Versuche über die Eigenschaften der Stoffe, Volumänderung mit Druck und Temperatur, Dichte, Wechsel des Formzustandes. Dann folgen Trennungen: Filtrieren, Destillieren, Sublimieren, Lösen. . . . Wo irgend möglich, werden Messungsreihen ausgeführt und die Fehlergrenze der Versuche festgestellt. . . . Die an den Schluß des ersten und in das zweite Semester gestellte qualitative Analyse findet den Lernenden nach meiner Erfahrung reifer, inzwischen sind auch in der Vorlesung die notwendigen theoretischen Kenntnisse gewonnen, und die Einführung und Anwendung der elektrolytischen Dissoziation bei diesem Teile des Unterrichts bietet keine erheblichen Schwierigkeiten". Auf diese Weise will der Verfasser dem Studierenden neben anderem das geben, was „Wilhelm Ostwald als wissenschaftliche Grundlagen der analytischen Chemie im Zusammenhange dargestellt hat". — Diesen Unterrichtsgang hält Herr Wagner — dem Ziele, das er sich gesteckt hat, entsprechend — auch für übertragbar auf die höhere Schule. Der Erwägung wert sind seine Vorschläge sicherlich; allerdings ist fraglich, ob die folgerichtig in einander greifenden Untersuchungen qualitativer Art, wie sie Wilbrand und andere Schulmänner durchgeführt haben, nicht den Zwecken der Schule besser entsprechen als Reihen messender Versuche, die sich in den Lehrgang schwer werden einfügen lassen. Vielleicht würde nach einem auf diese Vorschläge aufgebauten Unterrichtsgange für die Schüler eine gute Einführung in die Anschauungen der wissenschaftlichen Chemie zu erzielen sein. Für die Systematik aber, die bisher stets, wenn auch in zweiter Linie, Berücksichtigung gefunden hat, würde hier überhaupt keine Zeit bleiben. In der Tat meint auch Herr Wagner, daß „die Systematik nur an die Fachschule gehöre". Wie würde es aber in diesem Falle mit der Vermittelung der zum Verständnisse modernen Kulturlebens unentbehrlichen chemischen Kenntnisse werden? Auf dem Wege, den der Verfasser vorschlägt, „statt der Systematik angewandte Chemie" zu treiben und die Bedeutung der allgemeinen Lehren an einzelnen Gebieten der Technologie zu zeigen, wird die Schule die ihr in dieser Hinsicht gestellte Aufgabe kaum lösen können. — Trotz dieses Widerspruchs sei die Schrift des Herrn Wagner der Beachtung der Fachgenossen ausdrücklich empfohlen; ihr Wert besteht nicht nur in den Anregungen, die sie bietet, sondern auch darin, daß sie als Einleitung betrachtet werden darf zu der bedeutsamsten Mitarbeit, die unseren Bestrebungen werden kann, nämlich zur Mitarbeit der deutschen Hochschulen. *J. Schiff.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Hermann von Helmholtz. Von Leo Königsberger. II. Band. Mit zwei Bildnissen. XIV und 383 S. M 8,—, geb. M 10,— und 12,—. III. Band. Mit vier Bildnissen und einem Brieffacsimile. IX und 142 S. M 4,—, geb M. 5,— und 7,—. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1903.

Der zweite Band dieses hervorragenden Werkes (vergl. Heft 2, S. 119 d. Jahrgangs) zeigt uns den außerordentlichen Mann auf der Höhe seines Schaffens. Gleich im Beginn des Bandes findet sich der Brief an Zeller, aus dem wir an andrer Stelle (S. 307) einen Ausschnitt geben. Auch diesem Bande verleiht das Ineinander von persönlichen Erlebnissen und abstraktester Gedankenarbeit einen eigenen Reiz. Auch hier wieder empfängt der Leser von der Persönlichkeit Helmholtzens den Eindruck der unbedingtesten Wahrhaftigkeit, die sich den großen Problemen nicht minder wie Eindrücken des Tages (S 311) gegenüber bekundet. Von besonderem Interesse ist im ersten Teil des Bandes das Verhältnis zu Kant, das Helmholtz selber in einer bisher nicht bekannt gewordenen Auseinandersetzung (S. 141) aufs klarste kennzeichnet. Gegen den Schluß des Bandes tritt sein Verhältnis zu seinem großen Schüler Hertz in den Vordergrund. Wollte man das gesamte Schaffen Helmholtzens in dieser Periode erschöpfend charakterisieren, so müßte man die Geschichte der Physik in dieser Zeit schreiben. Als einen wertvollen Beitrag zur Physikgeschichte haben wir darum auch dieses Werk zu betrachten, wennschon es nur leicht andeutend den Zusammenhängen nachgeht, wie sie in dem ungemein ausgedehnten Kreis der Beziehungen Helmholtzens zu seinen Fachgenossen sichtbar werden.

Der dritte, abschließende Band behandelt die letzten sechs Jahre, in denen Helmholtz Präsident der physikalisch-technischen Reichsanstalt war. Wir sehen ihn in seinem faustgleichen Streben noch am Schlusse seines Lebens mit den schwersten Problemen ringen, vor allem mit der Ausgestaltung des Prinzips der kleinsten Wirkung, das ihm als notwendige Ergänzung der Erhaltung der Energie vor Augen schwebte. Bis zu seinem Tode waren seine Gedanken mit der Vorstellung beschäftigt, daß alle Erscheinungen der Natur dem Prinzip der kleinsten Wirkung in der von ihm gegebenen ganz allgemeinen Form unterworfen seien. Auf die edle Persönlichkeit des großen Forschers wendet der Verfasser am Schluß die Worte an, die er selbst von Künstlern wie Goethe und Beethoven gebraucht hat: Wir verehren in ihm einen Genius, einen Funken göttlicher Schöpferkraft, und indem wir ihn zu verstehen suchen, fühlen wir, daß wir selbst Teil haben an den Kräften, die so Wunderbares hervorbrachten.

Uneingeschränkter Dank gebührt dem Verfasser, der selbst in hohem Alter stehend es auf sich genommen hat, die Kenntnis dieses „im höchsten Sinne in sich abgeschlossenen Lebens“ der wissenschaftlichen Welt nicht blos, sondern der ganzen gebildeten Welt zu vermitteln. Zu wünschen wäre, daß die Verlagshandlung von dem Werk unter Weglassung der schwierigeren wissenschaftlichen Darlegungen eine Volksausgabe veranstaltete, die sich würdig neben die längst als ein nationales Gut erkannte Selbstbiographie von Werner Siemens stellen würde. *P.*

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Nr. 124. Abhandlungen zur Thermodynamik chemischer Vorgänge von H. Helmholtz, herausgeg. von M. Planck. 84 S. M 1,40. — Nr. 125. Untersuchungen über den Salpeter und den salpetrigen Luftgeist, das Brennen und das Atmen, von John Mayow, herausgeg. von F. G. Donnan. 56 S. M 1. — Nr. 126, 128, 131, 134, 136. Experimentaluntersuchungen über Elektrizität von Michael Faraday. IX—XIX Reihe. Herausgeg. von A. J. von Oettingen. Bezw. M 1,80; M 2; M 0,80; M 1,60; M 1,20. — Nr. 132. Über die Continuität der gasförmigen und flüssigen Zustände der Materie, und über den gasförmigen Zustand der Materie, von Thomas Andrews. Herausgeg. von A. von Oettingen und Kenji Tsuruta. Mit 12 Figuren. 82 S. M 1,40. Sämtlich im Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Nr. 124 enthält die Abhandlungen aus den Jahren 1877, 1882 und 1883, die für die neue Elektrochemie von grundlegender Bedeutung sind. Die erste Abhandlung über galvanische Ströme, verursacht durch Konzentrationsunterschiede, liefert auf Grund der mechanischen Wärmetheorie eine Berechnung der elektromotorischen Kraft zweier Ketten; die anderen Abhandlungen gehen von der Unterscheidung der freien und der gebundenen Energie bei chemischen Prozessen aus; auch die Begriffe der lebendigen Kraft geordneter und ungeordneter Bewegung treten hier auf: Der letzte Beitrag enthält Folgerungen, die galvanische Polarisation betreffend, und führt insbesondere auch zur Berechnung der freien Energie des Knallgases und des Arbeitsäquivalents gelöster Gase. — Nr. 125 enthält die Abhandlungen von John Mayow (1643—1679), die für die Entwicklung der Chemie

hätten epochemachend werden können, wenn sie nicht durch eine eigentümliche Verkettung von Umständen lange Zeit unbeachtet geblieben wären. Mayow, der Begründer der heutigen Respirationslehre, war auch dem Sauerstoff bereits auf der Spur, er nannte ihn spiritus nitro-aëreus und wußte, daß er auch im Salpeter vorhanden sei. Nr. 126 ff. bringen eine neue Ausgabe des klassischen Faradayschen Werkes, von dem bereits seit längerer Zeit eine gediegene Übersetzung durch M. Kalischer vorliegt. Die ersten Serien der vorliegenden Übersetzung sind schon vor mehreren Jahren als Nr. 81, 86, 87, erschienen. Das ganze Werk umfaßt XXX Reihen, denen noch eine Anzahl von Abhandlungen sich anschließt. Von dem reichen Inhalt dieser Untersuchungen kann hier kaum eine Andeutung gegeben werden; es handelt sich u. a. um die Induktion, um elektrische Entladungen, die Natur der Elektrizität, den Streit der Kontakttheorie und der chemischen Theorie des Stroms, den Diamagnetismus. — In Nr. 132 findet man die wichtigen Arbeiten von Andrews, die den kritischen Punkt betreffen und für die neueren Erfolge in der Verflüssigung der Gase eine entscheidende Bedeutung erlangt haben. *P.*

Jahrbuch der Naturwissenschaften 1902—1903. Achtzehnter Jahrgang. Unter Mitwirkung von Fachmännern bearbeitet von Dr. Max Wildermann. Freiburg i. B., Herdersche Verlagshandlung, 1903, XIV und 508 S. M 6,— geb. M 7,—.

Das dankenswerte Unternehmen, zunächst für die gebildete Laienwelt bestimmt, verdient auch die Aufmerksamkeit des Fachlehrers der Naturwissenschaften, dem auf seinem eignen Gebiet eine interessante Auswahl und auf fernerliegenden Gebieten viel Anregendes und Wissenswertes geboten wird. In dem vorliegenden Bande hat u. a. der Herausgeber die Physik und die angewandte Mechanik bearbeitet, H. Vogel die Chemie, Plaßmann die Astronomie, J. Valentin die Meteorologie; außerdem sind die beschreibenden Naturwissenschaften, die Forst- und Landwirtschaft, Medizin, Länder- und Völkerkunde, Industrie und Industrielle Technik vertreten. Den Beschluß bilden die Himmelserscheinungen bis 1. Mai 1904, ein Totenbuch und ein Personen- und Sachregister. *P.*

Licht und Wärme. Gemeinfaßlich dargestellt von Rich. Herm. Blochmann. Mit 81 Abbildungen. Leipzig, C. E. Poeschel, 1902. VIII u. 272 S. Geh. M 3,80, geb. M 4,60.

Das Buch enthält den zweiten Teil einer Physik des Verf., deren erster Teil „Mechanik und Akustik“ bereits früher erschienen ist. Es ist dem Verf. weniger auf systematische Vollständigkeit als darauf angekommen, ein größeres Publikum mit den wichtigsten Gebieten der Licht- und Wärmelehre bekannt zu machen. Die Darstellung ist dementsprechend populär gehalten und liest sich überaus angenehm; mathematische Ableitungen sind fast gänzlich vermieden. Mehr, als sonst meistens üblich, ist die historische Entwickelung berücksichtigt; die hierdurch ermöglichte Verbindung sachlicher und persönlicher Gesichtspunkte muß als ein Hauptvorzug der Darstellung betrachtet werden. Was die Anordnung anlangt, so sind, wie uns scheint, zu viel verschiedenartige Gebiete in einen Abschnitt zusammengedrängt. Die ganze Wärmelehre läßt sich doch nicht gut in zwei Kapiteln unterbringen, sodaß z. B. die Änderungen des Aggregatzustandes unter „Ausdehnung der Körper durch die Wärme“ zu stehen kommen. Ähnlich sind in der Optik Interferenz und Beugung als „Erscheinungen der Brechung des Lichts“ dargestellt. Auch im einzelnen ist an vielen Stellen die wissenschaftliche Präzision zu vermissen: so bei der Erklärung des absoluten Nullpunktes auf S. 52, der Assimilation der Pflanzen auf S. 133 u. a. Im allgemeinen erscheint das Buch aber wohl geeignet, physikalische Kenntnisse in weiteren Kreisen zu verbreiten. *Schk.*

Vorlesungen über Experimentalphysik. Von August Kundt, weiland Professor an der Universität Berlin. Herausgegeben von Karl Scheel. Mit dem Bildnis Kundts, 534 Abbildungen und einer farbigen Spektraltafel. Braunschweig, F. Vieweg und Sohn, 1903. XXIV u. 852 S. M 15, geb. M 17,50.

Alle, die August Kundt kannten, liebten und verehrten ihn. Ein Blick auf sein prächtiges Bild genügt, um diese allgemeine Beliebtheit zu verstehen. Es war ein wahrer Genuß, einen physikalischen Vortrag Kundts zu hören, die behagliche Art des Redens, die Klarheit und Anschaulichkeit der Darstellung, die geistreich erdachten Anordnungen und die gewandte und sichere Ausführung der Versuche erregten das Entzücken des Zuhörers. Kundt war nicht nur ein hervorragender Forscher, sondern auch ein hochbedeutender Lehrer. Es ist daher ein großes Verdienst unseres verstorbenen Bernhard Schwalbe, daß er die Herausgabe von Kundts Vorlesungen über Experimentalphysik veranlaßt hat. Sie sind in der Form veröffentlicht, wie sie Kundt im Winterhalbjahr 1888/89 und im Sommerhalbjahr 1889 an der Berliner Universität gehalten hat. Als Unterlage diente eine Nachschrift, die im Auftrage Kundts angefertigt worden war und an manchen Stellen die Spuren der Überarbeitung durch ihn selbst zeigt. Die Herausgabe hat in dankenswerter Weise Karl Scheel

besorgt, der an dem Manuskript sachlich nichts geändert, sondern nur hier und da die Form geglättet hat. Mit Recht hat der Herausgeber davon Abstand genommen, durch Einfügung neuer Kapitel die Fortschritte der Wissenschaft im letzten Jahrzehnt zu berücksichtigen. So sehr man mit der Gestaltung des Textes einverstanden sein muß, so wenig befriedigt teilweise die Einfügung der Figuren in den Text. Der Teil der Figuren, der schon in der Handschrift angedeutet war, ist nicht zu beanstanden, der andere Teil, der von dem Herausgeber selbst bestimmt wurde, ist vielfach nicht zu billigen. Er und der Verleger, der im übrigen das Werk glänzend ausgestattet hat, haben dabei den Fehler gemacht, zwar sehr schöne, aber doch alte Holzschnitte des Verlags, die uns allen zumeist schon seit der Jugendzeit aus dem Müller-Pouillet u. s. w. bekannt sind, zu verwenden. Zwischen den Demonstrationsversuchen Müllers und Kundts besteht aber ein bedeutender Unterschied und man gewinnt daher ein falsches Bild von den Versuchen, die Kundt in seinen Vorlesungen ausgeführt hat. Es wäre dringend zu wünschen, daß entweder bei einer neuen Auflage der Vorlesungen in einem Anhange, oder in einem besonderen Werke die Versuche, die Kundt bei seinen Vorlesungen ausgeführt hat, unter Abbildung der von ihm benutzten Apparate und unter Angabe der erforderlichen Einzelheiten so veröffentlicht würden, daß der Leser in den Stand gesetzt wird, diese prächtigen Versuche mit Sicherheit zu wiederholen. Die Apparate werden wohl noch zu Straßburg und Berlin vorhanden sein, auch leben wohl noch die meisten von Kundts Vorlesungsassistenten, die die erforderlichen Angaben über Einzelheiten der Versuchsausführungen machen können.

Kundt war kein Freund umfangreicher mathematischer Entwicklungen, er zog es vor, die Beweise physikalischer Gesetze im engen Anschluß an die Tatsachen rein experimentell zu gestalten. Bezeichnend ist, wie G. Schwalbe in dem schönen Aufsatz über Leben und Wirksamkeit von August Kundt, der den Vorlesungen vorangestellt ist, mit Recht hervorhebt, die Behandlung der Mechanik. Kundt beginnt mit der Lehre von der Bewegung der Körper und geht nach der Behandlung der drei Newtonschen Sätze zu dem Prinzip der Erhaltung der Energie über, aus dem er die Lehre von dem Gleichgewicht der Körper ableitet. Auf diese Weise vermeidet er umfangreiche Rechnungen. Die geschichtliche Entwicklung ist zwar anders verlaufen, das Verfahren ist auch auf unseren höheren Schulen nicht verwendbar, doch ist dies ein Weg, auf dem man mathematisch Ungeschulte bequem und erfolgreich in die Mechanik einführen kann. Das Werk ist für den Lehrer der Physik auch dadurch von Bedeutung, daß es wirklich gehaltene Universitätsvorlesungen bietet und nicht ein Lehrbuch der Physik unter dem Titel von Vorlesungen ist. Er kann daher daraus die Grenzen zwischen dem physikalischen Lehrstoffe der Hochschulen und dem der höheren Lehranstalten mit Sicherheit entnehmen. Vor allem aber ist für ihn die Erkenntnis lehrreich, wie stoffarm diese Vorlesungen sind im Vergleich zu den an den höheren Lehranstalten eingeführten Lehrbüchern. Hier kann er klar sehen, wieviel veralteten Ballast er aus dem Lehrstoff hinauswerfen und wie er eine freiere Beweglichkeit im Unterricht gewinnen kann, um entweder einen höheren Standpunkt zu erklimmen oder goldene Schätze in der Tiefe zu suchen. Man kann zwar Kundts Lehrgang als Ganzes nicht in den höheren Schulen einschlagen, aber eine Fülle einzelner Entwicklungen im Unterricht mit großem Vorteil verwerten. Kundts Vorlesungen sind ein Werk, das in der Handbibliothek keines Physikers fehlen darf. Auch ist es trefflich zu Prämien für begabte Primaner geeignet. *H.-M.*

Naturlehre. Von Dr. Alois Lanner, k. k. Prof. an der Staats-Oberrealschule in Innsbruck. Mit 377 Figuren, einer Spektralkarte und 4 meteorologischen Karten in Farbendruck. Bearbeitet für die oberen Klassen der Mittelschulen auf Grund der mit Erlaß des hohen k. k. Ministeriums für Kultus und Unterricht vom 23. Februar 1900 veröffentlichten 2. Auflage des Lehrplanes und der Instruktionen für Gymnasien. Wien 1902, Jos. Roth, IV u. 378 S. M 4,50 geb. M 5,20.

Das Lehrbuch weicht von dem Lehrplan und den Instruktionen für österreichische Gymnasien nur so weit ab, als die Einheit der Darstellung es erforderte. Doch enthält es manches Eigenartige. Es schmiegt sich mehr als viele andere den Gebräuchen der neueren Physik an, so sind den Messungen das absolute Meßsystem zu Grunde gelegt, bei der Schreibung der Zahlen die Potenzen von 10 angewandt und die Vektoren frühzeitig eingeführt und vielseitig verwertet. Die thermodynamischen Teile sind breiter wie üblich ausgeführt, der Elektromagnetismus nach den heutigen Anschauungen dargestellt und die Elektrotechnik stark betont. Der Strahlengang im Galileischen Fernrohr ist endlich einmal richtig angegeben, doch wird irrtümlich behauptet, daß es ein großes Gesichtsfeld habe. Gerade die Kleinheit des Gesichtsfeldes beim Galileischen Fernrohre, zumal bei stärkeren Vergrößerungen, führte zum Bau der neuen Prismenfernrohre. Die optischen Instrumente sind nicht mit Hilfe der Lehre von der „Strahlenbegrenzung“ und des Begriffs der „Pupillen“ behandelt, obwohl eine elementare Darstellung möglich und zweckmäßig ist. In der Optik ist die Wellenlehre umfangreich zur Erklärung der Erscheinungen verwertet. Die Abbildungen des Buches sind ausgezeichnet, und der Verfasser hat

mit Vorliebe und Geschick geometrische Beweise und Veranschaulichungen benutzt. Mit der Stoffanordnung werden nicht alle Fachgenossen überall, z. B. bei der Lehre vom Magnetismus, einverstanden sein. Der Verfasser ist mit Absicht auf Einzelheiten der Apparate und der Versuche nicht eingegangen, dadurch büßt jedoch die Darstellung erheblich an Anschaulichkeit ein. Die Ausdrucksweise ist zuweilen nicht bestimmt und klar genug. Wörter wie „Volumseinheiten“ (S. 3) und „Probette“ (S. 280) sind unzulässig. Der Druck ist zwar sorgfältig, doch greift die Schrift, namentlich der kleine Satz, der an manchen Stellen angewandt worden ist, nach meiner Erfahrung die Augen an. *H.-M.*

Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie in zwei Bänden von F. P. Treadwell, Prof. am Polytechnikum Zürich. II. Band. Quantitative Analyse. Mit 96 Abbildungen. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1903. X und 568 S. Preis ungebunden 11 M.

Der Anleitung zur qualitativen Analyse, die ich vor Jahresfrist an dieser Stelle besprochen habe, ist nun der zweite Band gefolgt, der die quantitative Analyse behandelt. Auch hier beweist der Verf. großes Geschick in der Auswahl und der Darstellung des überreichlichen Materials.

Großes pädagogisches Talent geht mit einer seltenen wissenschaftlichen Exaktheit Hand in Hand. Wie kritisch und gründlich der Verf. vorgeht, zeigt gleich auf den ersten Seiten die Bestimmung des Kaliums und die Trennung des Kaliums vom Natrium oder die Bestimmung des Eisens, bei welcher er einen nicht unerheblichen Fehler, der oft gemacht wird, umgeht. Neuen oder wenig bekannten Methoden werden stets Belege beigegeben; des öfteren werden von anderen Forschern ausgearbeitete Methoden modifiziert und gewisse Fehler vermieden. Es sind wenige Methoden aufgenommen, die der Verf. nicht selbst nachgeprüft hat; in den wenigen Fällen bürgt der Name des Autors für die Brauchbarkeit. Mustergültig in ihrer Knappheit und Klarheit sind die dem speziellen Teil vorangeschickten Bemerkungen über direkte und indirekte Analysen, Wagen und Gewichte und über die häufigsten Manipulationen beim quantitativen Arbeiten. Auch ein langjähriger Analytiker wird hier neue praktische Winke finden. Mit guten, instruktiven Abbildungen ist nicht gespart. Außer einem guten Register sind dem Buch physikalisch-chemische Tabellen, Logarithmen und eine Faktorentafel beigegeben.

Im speziellen Teil beginnt der Verf. stets mit einer kurzen, präzisen Darlegung des Prinzips der Methode, ehe er die technischen Einzelheiten angibt. Er legt es nicht darauf an, viel Methoden zu geben, aber was er bringt, ist klar und zuverlässig. Die Analyse von selteneren Metallen und Säuren (Gold, Platin und ihre verschiedenen Legierungen u. a. m.) wird mit der gleichen Sorgfalt und Kritik behandelt wie die der häufiger vorkommenden Elemente; auf so spezielle Dinge, wie die Trennung der seltenen Erden, geht er nicht ein. Die Anordnung der Substanzen nach analytischen Gruppen und die Reichhaltigkeit des Stoffes bringt es mit sich, daß das Buch für Schulen, selbst für Oberrealschulen, nicht verwendbar ist, um so größere Dienste kann es dem Lehrer (und älteren Studenten) leisten. Das ganze Buch ist mit gesundem, modernem Geist getränkt. Wie sehr die modernen Anschauungen die analytische Chemie befruchten können, sieht man z. B. an der eleganten Trennungsmethode von Zink und Nickel, die der Verf. erdacht hat, oder bei der Alkali- und Acidimetrie. Wie reich das Repertoire eines modernen Chemikers ist, erhellt beispielsweise aus dem Abschnitt „Schwefelwasserstoffsäure“, wo titrimetrische, kolorimetrische und eine Fülle von gravimetrischen Methoden miteinander abwechseln. — Im letzten Drittel des Buches werden Maß- und Gasanalyse behandelt. Auch hier ist die Auswahl der besprochenen Methoden und Substanzen vom theoretischen wie praktischen Gesichtspunkt gleich gut. Auf einige wenige nebensächliche Dinge, die mir zweifelhaft erscheinen, möchte ich nicht eingehen, aber in einem prinzipiellen Punkt muß ich meine Bedenken äußern. Ist es praktisch, beim Titrieren mit dem veralteten Mohrschen und bei der Gasanalyse mit dem allein wissenschaftlich berechtigten wahren Liter zu rechnen? Wenn ein so gutes Buch wie das vorliegende (das hoffentlich eine entsprechende Verbreitung findet) eine antiquierte Maßeinheit, die allmählich zu verschwinden anfängt, empfiehlt, so ist das im Interesse der dringend zu wünschenden Einheitlichkeit nicht zu billigen. *W. Roth.*

Allgemeine chemische Technologie. Von Dr. G. Rauter. Sammlung Göschen. Leipzig, G. J. Göschen, 1903. 149 S. M 0,80.

Das Buch gibt eine ganz kurzgefaßte Übersicht, die alle Gebiete zu berücksichtigen sucht. Mit dem Bestreben, auf knappem Raum möglichst viel zu bieten, ist natürlich Gründlichkeit nicht vereinbar. Doch hätte beispielsweise bei der Erörterung der Wasserreinigung und der Abwässer irgend ein Hinweis auf die Bedeutung der Mikroorganismen gemacht werden können. Das Büchlein kann als Schülerlektüre Verwendung finden. *O.*

Abrifs der allgemeinen oder physikalischen Chemie. Als Einführung in die Anschauungen der modernen Chemie bearbeitet von Dr. C. Arnold, Prof. a. d. Kgl. Tierärztl. Hochschule zu Hannover. Hamburg u. Leipzig, L. Voß, 1903. 123 S. Geb. M 2.

Der vorliegende kleine Abriß stellt einen erweiterten Abdruck der ersten Abteilung des bekannten „Repetitorium der Chemie“ desselben Verfassers dar. Bei Gelegenheit der letzten Neuauflagen dieses Buches waren die Vorzüge des allgemeinen Teiles — der in großen Zügen die modernen Anschauungen wiedergibt — bereits in dieser Zeitschrift hervorgehoben, sodaß es genügt, auf die vorliegende Sonderausgabe aufmerksam zu machen. *O.*

Programm-Abhandlungen.

Untersuchungen über die Grundlagen der Raum- und Zeitmessung. Von Dr. Hermann Wehner. R.-G. und Realschule zu Plauen i. V. Ostern 1903. Pr. Nr. 635. 33 S.

An der Hand der geschichtlichen Entwicklung werden die Grundlagen zunächst der Raummessung besprochen, neuere Vorschläge von Naturmaßen (wie die Wellenlänge des Lichts) erörtert und für unbrauchbar erklärt und die neueren Untersuchungen über die mögliche Abhängigkeit einer Strecke vom Ort unter besonderer Berücksichtigung von Houël (1863) und Helmholtz einer Kritik unterzogen, in der insbesondere auch die Helmholtzschen Aufstellungen beanstandet werden. Auch die Frage des absoluten Raumes wird bei dieser Gelegenheit gestreift. Ähnliche Betrachtungen werden darauf auch über die Zeitmessung angestellt, u. a. auch die jüngsten Darlegungen von Lippmann über die Möglichkeit eines absoluten Zeitmaßes in die Betrachtung hineingezogen. Die Frage der absoluten Zeit wird wie die des absoluten Raumes in ablehnendem Sinn beantwortet. Die Schwierigkeit, die in der Reziprozität der Definitionen von gleichförmiger Bewegung und von gleichen Zeiten liegt, wird durch Hinweis auf den historischen Tatbestand einer noch unabgeschlossenen Entwicklung gelöst. An der Möglichkeit eines konstanten Zeitmaßes wird selbst im Hinblick auf die Veränderlichkeit der Dauer der Erdumdrehung festgehalten. *P.*

Der leere Raum. Von Aurel Kiebel. Gymnasium zu Mies. 1903. 19 S.

Der Verfasser gibt für Mittelschüler eine kurze Übersichten der Ansicht über den leeren Raum vom Altertum bis zum Jahrhundert XVI und teilt in wörtlichen Übersetzungen den Brief Torricellis an Ricci, eine Stelle aus Pascals Brief an Périer und den Bericht des letzteren über seine Besteigung des Puy de Dôme mit. Im Anschluß daran stellt er seine mit den Schülern gemachten Beobachtungen über die Abhängigkeit des Luftdrucks von der Seehöhe zusammen. *P.*

Ein Schulapparat für den Nachweis magnetischer, elektromagnetischer und elektrodynamischer Gesetze. Von Friedrich Schütz. Höhere Staatsschule in Cuxhaven. Ostern 1903. Pr. Nr. 833. Mit 15 Fig. 14 S.

Der Verfasser wendet die Methode der schwimmenden Ströme nach De la Rive an, bringt diese aber nicht an einem Kork an, sondern hängt sie an Seidenfäden auf. Jedes Element besteht aus einer Kupfer- und einer amalgamierten Zinkplatte, die in verdünnte Schwefelsäure tauchen, der Stromkreis wird geschlossen durch einen rechteckigen oder kreisförmigen Draht, oder ein Solenoid. Die Stromleiter werden an einem Stativ von ca. 42 cm Höhe aufgehängt, andere feste Stromleiter werden ihnen genähert und dadurch die elektrodynamischen Wirkungen hervorgebracht. Die rein magnetischen Erscheinungen werden mit kurzen Magnetnadeln angestellt, die durch Kreisscheiben aus Pappe gesteckt und ebenfalls an Fäden aufgehängt sind; die Pappscheiben sind einerseits rot, andrerseits grün gefärbt und zeigen die Pole weithin sichtbar an. Durch herabhängende Kupferplatten, die in Wasser tauchen, wird rasche Dämpfung bewirkt. Auch die elektromagnetischen Wirkungen lassen sich mit diesen Magneten bequem vorführen. Das ganze Apparatensystem ist überaus einfach und zur Selbstanfertigung geeignet. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Ferienkurs an der Universität Erlangen 1903.

In der Zeit vom 15. bis einschließlich 20. Juli 1903 wurde an der kgl. Universität Erlangen für Lehrer der Mathematik und Physik an den humanistischen und technischen Mittelschulen Bayerns ein Ferienkurs abgehalten. Zu demselben hatten sich 46 Teilnehmer eingefunden, unter diesen auch Herr Oberstudienrat Rektor Dr. Recknagel aus Augsburg.

Bereits am Vorabend der Eröffnung hatte der Leiter des Kurses Herr Universitätsprofessor Dr. E. Wiedemann die Teilnehmer in aufmerksamster Weise begrüßt. Zur Eröffnung selbst fand

sich auch Se. Magnifizenz der kgl. Prorektor und Universitätsprofessor Herr Dr. Müller ein und richtete herzliche Worte der Begrüßung an die Versammlung.

Folgende Vorträge und Übungen wurden abgehalten: Prof. Dr. Gordan: Über den Fundamentalsatz der Algebra. — Prof. Dr. Nöther: Über Interpolation und mechanische Quadratur. — Prof. Dr. Wiedemann: Elektrische Schwingungen, Strahlungen, Energieübertragung. Vorführung von Demonstrationsapparaten u. s. w. — Prof. Dr. Schmidt: Die neuen Anschauungen auf dem Gebiete der physikalischen Chemie. — Privatdozent Dr. Wehnelt: Über Elektrotechnik, Ferntelegraphie, oszillatorische Entladungen. — Prof. Dr. Fischer: Vorführung von elektrochemischen Prozessen. — Prof. Dr. Lenk: Über den geologischen Bau Nordbayerns. — Prof. Dr. Solereder: Über die biologischen Anstalten des botanischen Institutes. — Prof. Dr. Fleischmann: Über Schutzfärbung der Insekten. — Prof. Dr. Pechuel-Lösche: Die Ergebnisse der neueren Tiefseeforschung. — Prof. Dr. Falckenberg: Über Induktion. — Prof. Dr. Hartwig, Direktor der Sternwarte Bamberg: Über Lichtwechsel der Sterne. — An der Leitung der physikalischen Übungen war auch Herr Dr. Reiger beteiligt. Außerdem war Gelegenheit geboten, sich praktisch in der Photographie, besonders in der Herstellung von Diapositiven, auszubilden.

Am Sonntag, den 19. Juli wurde eine biologisch-geologische Exkursion in die fränkische Schweiz unternommen. Herr Major Dr. Neischl erfreute die Teilnehmer an der Exkursion durch Überreichung von selbstaufgenommenen Skizzen des Exkursionsgebietes, und die Herrn Prof. Dr. Lenk, Dr. Solereder und Dr. Schmidt sowie Herr Dr. von Knebel gaben auf der Exkursion selbst wissenschaftliche Aufklärungen aus dem Gebiete der Geologie, Botanik, Physik und Höhlenbildung.

Am Dienstag, den 21. Juli wurde die mechanische Buntweberei vormals Weber & Ott in Forchheim besucht und hierauf die Sternwarte und der Dom in Bamberg eingehend besichtigt. Jeder Abend vereinigte überdies die Teilnehmer des Kurses zu anregendem Gedankenaustausch.

Fr. Adami.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Apparat für Transversalschwingungen elastischer Stäbe.

Von P. E. Kappert in Metten.

Aus der Werkstätte von E. Leybolds Nachfolger in Cöln.



Es ist ein wenig lohnender Schulversuch, durch einen Stoß oder Schlag einen elastischen Stab in Schwingungen zu versetzen, um die Stabtransversalwellen zu zeigen, weil die Amplitude viel zu rasch abnimmt. Durch andauernde, gleichmäßig auf einander folgende, wenn auch schwache Stöße erreicht man dagegen selbst bei kurzen und dünnen Stäben ein befriedigendes Resultat. Dieses geschieht bei einem Apparat, welchen die Firma „E. Leybolds Nachfolger in Cöln“ anfertigt, und welcher in folgendem kurz beschrieben wird.

Vor einem mattschwarzen Brette ist ein Wagnerscher Hammer angebracht, in dessen Ende verschieden lange Stäbe, auch stimmgabelförmig gebogene Drähte mittels einer Schraube festgeklemmt werden können. Im allgemeinen ist zum Inbetriebsetzen des Hammers ein Strom von 4 V. und etwa 0,3 A. erforderlich, indessen ist es zweckmäßig, zwischen Apparat und Stromquelle einen Regulierwiderstand einzuschalten, um die für jeden Stab passende Stromstärke leicht herstellen zu können. Je nach der Länge des Stabes und der Stellung der beiden am Hammer befindlichen Schrauben bilden sich 1, 2 oder mehr Knoten und Bäuche aus.

Der Versuch kann auf dem Experimentiertisch vor einer großen Klasse ausgeführt werden. Die stehenden Transversalwellen der weißen Stäbe heben sich von dem schwarzen Hintergrunde mit gleichbleibender Schwingungsweite während beliebig langer Zeit mit einer solchen Deutlichkeit ab, daß sie bequem photographiert werden können.

Hält man den schwingenden Stab an einer Knotenstelle mit 2 Fingern fest, so wird an der Bewegungserscheinung nichts geändert, wohl aber werden die Schwingungen gestört oder aufgehoben, sobald man den schwingenden Stab an einer anderen Stelle berührt oder festhält.

Korrespondenz.

Berichtigung. In dem Aufsatz von W. Roth über den jetzigen Stand der Dissoziationstheorie (Heft 4) muß es auf S. 218 nach der ersten Formel heißen: „darin bedeutet N die Gesamt-Konzentration des Elektrolyten“.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

J. C. Poggendorffs biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissensch. IV. Band, herausgegeben von A. J. von Oettingen. Lief. 8—11. à M 3. Leipzig, Johann Ambr. Barth, 1903. — **H. v. Helmholtz,** Einleitung zu den Vorlesungen über theoretische Physik, herausgegeben von A. König und C. Runge. Mit 4 Figuren und 1 Portrait. Leipzig, Johann Ambr. Barth, 1903. 50 S. M 3. — **Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften.** Nr. 135. Allgemeine Grundlagen einer Theorie der Gestalt von Flüssigkeiten u. s. w. von Karl Friedr. Gauß. 73 S. M 1,20. — Nr. 137. Abhandlungen zur Thermodynamik chemischer Vorgänge von Aug. Horstmann. 72 S. M 1,20. — Nr. 138. Über den Stoß und über die Zentrifugalkraft von Chr. Huygens. 79 S. M 1,40. — Nr. 139. Thermodynamische Abhandlungen über Molekulartheorie und chemische Gleichgewichte von C. M. Guldberg. 85 S. M 1,50. — Nr. 20. Abhandlung über das Licht von Chr. Huygens. (2. Aufl.) 115 S. M 2. — Nr. 21. Über die Wanderungen der Ionen von W. Hittorf. 1. Teil. (2. Aufl.) 115 S. M 1,60. — Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1903. — **A. Helfenstein,** Die Energie und ihre Formen. Kritische Studien. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1903. 152 S. M 4,20. — **H. Rudolph,** Luftelektrizität und Sonnenstrahlung. 24 S. M 1. — **F. Kerntler,** Das Ampèresche elektrodynamische Potential. 17 S. Budapest, Lloydgesellschaft, 1903. — **W. Herz,** Über die Lösungen. Leipzig, Veit & Co., 1903. 50 S. M 1,40. — **S. Toeche-Mittler,** Zur Molekulargewichtsbestimmung nach dem Siedeverfahren. Berlin, E. S. Mittler und Sohn. 57 S. — **A. Stange,** Die Zeitalter der Chemie in Wort und Bild. Leipzig, Paul Schimmelwitz. 1. Lief. 42 S. M 1,50. — **W. Donle,** Lehrbuch der Experimentalphysik. 2. Auflage. Stuttgart, Fr. Greb, 1903. 380 S. Geb. M 3,60. — **A. Hoffmann,** Mathematische Geographie. Ein Leitfaden zunächst für die oberen Klassen höherer Lehranstalten. 5. verb. Aufl. Bearb. von J. Plassmann. 172 S. — **H. Hlasiwetz,** Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse. 13. Aufl. Von Dr. G. Vortmann. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1904. 51 S. M 1. — **H. Bauer,** Telegraphie ohne Draht, Röntgenstrahlen, Teslalicht. Berlin, C. Duncker, 1903. 230 S. M 4. — **G. Pizzighelli,** Die photographischen Prozesse. Dargestellt für Amateure und Touristen. (Handbuch der Photographie, Bd. II). 3. verb. Auflage. Bearb. von C. Mischewski. Mit 221 Abbildungen. 539 S. M 8. — **F. Stolze,** Chemie für Photographen (Enzyklopädie der Photographie, Heft 46). Halle a. d. S., Wilhelm Knapp, 1903. 179 S. M 4. — **A. v. Hübl,** Die Ozotypie. (Enzyklopädie der Photographie, Heft 47.) Verlag w. v. 44 S. M 2. — **F. Mühlberg,** Zweck und Umfang des Unterrichts in der Naturgeschichte an höheren Mittelschulen mit besonderer Berücksichtigung der Gymnasien. (Samml. naturw. pädagog. Abhdl. Heft 1.) B. G. Teubner, 1903. 52 S. M 1,20. — **P. Schlee,** Schülerübungen in der elementaren Astronomie. (Samml. naturw. pädagog. Abhdl. Heft 2.) 15 S. M 0,50.

Sonderabdrücke: B. Walter, Über die Entstehungsweise des Blitzes. Mit 5 Tafeln. Jahrbuch der hamburg. wissensch. Anstalten XX, 1903. 37 S. — K. Haas, Beobachtung und Experiment. Ein Vortrag. Populäre Vorträge an den Elternabenden des Mariahilfer Gymn. in Wien. Franz Deuticke, 1903. — H. Kleinpeter, Die Bedeutung der modernen naturwissenschaftl. Erkenntniskritik für die Organisation des höh. Schulwesens. Pädagog. Archiv Mai 1903. — F. Emde, Das Giorgische Maßsystem. Ztschr. f. Elektrotechn. 1903, Heft 23.

Himmelserscheinungen im Oktober und November 1903.

Mondfinsternis am 6. Okt., teilweise sichtbar in Berlin. Der Mond geht für Berlin um $17^h 35^m$ M.E.Z. noch teilweise verfinstert auf, tritt um $17^h 54^m,7$ aus dem Kernschatten, und um $19^h 7^m,9$ auch aus dem Halbschatten der Erde.

Sternbedeckungen für Berlin: Okt. 10, α Tauri. Eintr.: $21^h 16^m,6$ M.E.Z., $Q = 89^0$. Austr.: $22^h 12^m,2$ M.E.Z. $Q = 249^0$. — Nov. 6, α Tauri. Der Stern bleibt für Berlin 3″ südlich vom Mondrande, größte Nähe um $20^h 23^m,8$. $Q = 178^0$. — Nov. 9, λ Gemin. Eintr.: $21^h 39^m,7$ M.E.Z. $Q = 69^0$. Austr.: $22^h 30^m,3$ M.E.Z. $Q = 294^0$.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Oktober						November					
		2	7	12	17	22	27	1	6	11	16	21	26
☿	AR	12^h 35^m	12.18	12.12	12.21	12.41	13. 8	13.37	14. 8	14.39	15.10	15.42	16.15
	D	— 7°	— 3°	— 1°	— 0°	— 2°	— 5°	— 8°	—12°	—15°	—18°	— 20°	— 22°
♀	AR	11^h 0^m	10.58	11. 1	11. 6	11.15	11.26	11.39	11.53	12. 9	12.26	12.44	13. 3
	D	— 1	+ 0	+ 1	+ 2	+ 2	+ 2	+ 1	+ 0	— 1	— 2	— 3	— 5
☉	AR	12^h 30^m	12.48	13. 6	13.25	13.44	14. 3	14.22	14.42	15. 2	15.22	15.43	16. 4
	D	— 3	— 5	— 7	— 9	— 11	— 12	— 14	— 16	— 17	— 19	— 20	— 21
♂	AR	16^h 19^m	16.35	16.50	17. 6	17.22	17.38	17.54	18.11	18.27	18.44	19. 1	19.17
	D	— 23	— 23	— 24	— 24	— 25	— 25	— 25	— 25	— 25	— 24	— 24	— 24
♃	AR		23. 8		23. 5		23. 2		23. 1		23. 1		23. 3
	D		— 7		— 8		— 8		— 8		— 8		— 8
♄	AR	20^h 21^m						20.23					
	D	— 20						— 20					
☉	Aufg.	6^h 2^m	6.11	6.20	6.29	6.38	6.47	6.56	7. 5	7.15	7.24	7.33	7.41
	Unterg.	17^h 36^m	17.24	17.13	17. 2	16.51	16.41	16.31	16.21	16.13	16. 5	15.58	15.53
☾	Aufg.	15^h 53^m	17.55	21.23	2.12	8.29	12.53	15. 8	17.35	22.43	3.45	9.18	12.23
	Unterg.	1^h 21^m	6.50	12.22	15.38	18. 6	22. 8	2.19	8. 6	12.38	15. 2	18. 7	22.58
Sternzeit im mittl. Mittg.		12^h 39^m 58^s	12.59.41	13.19.24	13.39. 6	13.58 49	14.18.32	14.38.15	14.57.57	15.17.40	15.37.23	15.57. 6	16.16.48
Zeitgl.		— 10^m 18^s	— 11.50	— 13.13	— 14.23	— 15.18	— 15.56	— 16.17	— 16.19	— 15.59	— 15.18	— 14.16	— 12.54

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Okt. 20, 16^h 30^m Nov. 19, 6^h 10^m	Okt. 28, 9^h 33^m Nov. 27, 6^h 37^m	Okt. 6, 16^h 24^m Nov. 5, 6^h 28^m	Okt. 13, 20^h 57^m Nov. 12, 3^h 46^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Oktober	morgens in der Mitte des Monats etwa 3/4 St. sichtbar	1—3 1/2 St. als Morgenstern sichtbar	1—3/4 St. abends sichtbar	noch fast die ganze Nacht hindurch sichtbar	abends zuletzt noch 4 1/4 St. lang sichtbar
im November	unsichtbar	3 1/2—4 St. morgens sichtbar	1 1/4—1 3/4 St. abends sichtbar	zuletzt abends noch 6 3/4 St. lang sichtbar	abends zuletzt noch 3 St. lang im SW sichtbar

Phänomene der Jupitermonde.

	M.E.Z.					M.E.Z.					M.E.Z.			
Okt. 2	22^h	40^m	39^s	I A.	Okt. 25	22^h	55^m	49^s	I A.	Nov. 14	18^h	31^m	24^s	III A.
5	20	12	8	II A.	Nov. 3	19	20	14	I A.	17	23	11	26	I A.
9	22	25	12	III A.	6	19	56	15	II A.	19	17	40	24	I A.
11	19	4	52	I A.	8	20	57	27	IV E.	21	19	38	0	III E.
12	22	48	12	II A.		23	45	29	IV A.		22	33	23	III A.
16	23	25	26	III E.	10	21	15	49	I A.	25	17	54	40	IV A.
18	21	0	19	I A.	13	22	33	19	II A.	26	19	36	1	I A.

Veränderliche Sterne:

Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.	
Okt. 12	21^h	β Lyrae-Max.	Okt. 31	20^h 59^m	λ Tauri-Min.	Nov. 11		η Gemin.-Min.
18		R Lyrae-Max.	Nov. 1	22^h	η Aquilae-Max.	13	18^h 1^m	Algol-Min.
18	22^h 41^m	Algol-Min.	4	20^h	ζ Gemin.-Min.	14	23^h	ζ Gemin.-Min.
21	19^h 30^m	Algol-Min.	6	20^h	η Aquilae-Min.	25		Mira Ceti-Min.
23	23^h 15^m	λ Tauri-Min.	9	20^h	ζ Gemin.-Max.	30	22^h 55^m	Algol-Min.
27	22^h 7^m	λ Tauri-Min.	10	21^h 12^m	Algol-Min.			

Dr. F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XVI. Jahrgang. **Sechstes Heft.** November 1903.

Eine Vorlesungswage.

Von

Prof. **Theodor Schwedoff** in Odessa.

Die übliche Laboratoriumswage ist trotz ihrer Vorzüge für wissenschaftliche Untersuchungen, zu Demonstrationsversuchen sehr unbequem. Man muß viel Zeit aufwenden, um die für das Gleichgewicht nötigen kleinen Gewichtsstücke auszusuchen. Dann sind die Zenti- und Milligrammgewichte, wie auch der Reiter am Wagebalken zu winzige Objekte, um aus der Ferne gesehen zu werden. Deswegen werden manchmal im Unterrichte Feder- oder Zeigerwage gebraucht. Diese aber haben nicht die Empfindlichkeit einer Hebelwage.

Nun ist es möglich der Hebelwage eine für Vorlesungen zweckmäßige Form zu geben, ohne sie ihrer vortrefflichen Eigenschaften zu berauben.

Zwei sehr feine Spiralfedern (Fig. 1 u. 2) greifen mit ihren hakenförmigen Enden *m m'* in zwei Ösen ein, welche an dem Balken einer gewöhnlichen Laboratoriumswage befestigt sind. Die oberen Enden *n* und *n'* dieser Federn sind mit einander durch ein sehr dünnes Band verbunden, welches um den Zylinder *x y* zweimal herumgewunden ist. Dieser Zylinder sitzt auf einem inneren Zylinder *f h*, um den er sich mit sanfter Reibung herumdrehen kann, und der seinerseits auf einer mit dem Knopfe *J* drehbaren Achse *J i* festsitzt. Der Drehwinkel der Achse wird durch den Zeiger *i S* und die Kreisteilung *M M'* gemessen. Die Nadel *a D*, welche lotrecht zum Balken befestigt ist, zeigt, wie üblich, die Gleichgewichtslage der Wage an. Die übrigen Teile der Wage, wie Schalen, Stellschrauben u. s. w., sind wie bei der gewöhnlichen Laboratoriumswage. Nur die Arretiergabel unterscheidet sich dadurch, daß sie nicht nur die beiden Arme des Balkens auf einmal, sondern auch jeden Arm, den rechten oder den linken, einzeln unterstützen kann.

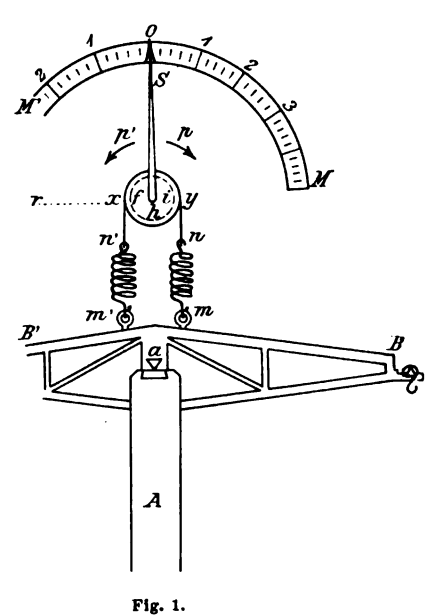


Fig. 1.

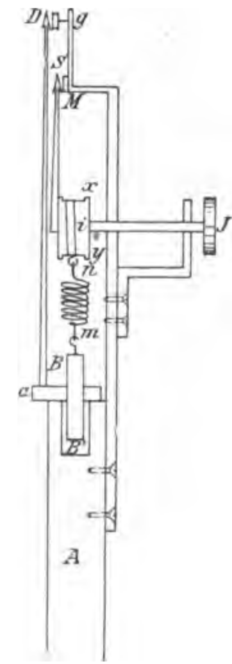


Fig. 2.

Es ist zu bemerken, daß alle obenbeschriebenen Teile, wie Zylinder, Zeiger, Skala, auf einer festen Stütze ruhen, den Balken nicht beschweren und seine Be-

wegungen nicht im mindesten hemmen. Man darf sie daher in einem so großen Maßstabe ausführen, daß sie selbst in 20 m Abstand leicht sichtbar sind, ohne die Empfindlichkeit oder die Genauigkeit der Wage zu beeinträchtigen. Selbst die Spiralfedern und das sie verbindende Metallband lasten nicht auf dem Balken, sondern auf dem Zylinder *xy*. Was die Empfindlichkeit der Wage anbetrifft, so hängt sie, außer von der Lage des Schwerpunktes des Balkens, auch von der Beschaffenheit der Spiralfedern und von ihrem gegenseitigen Abstand ab: je kleiner dieser Abstand, je dünner der Draht, je größer der Durchmesser und die Länge der Spirale, desto größer ist die Empfindlichkeit.

Um die Kreisskala zu eichen, verfährt man in folgender Weise. Zuerst achtet man darauf, daß der Zeiger *iS* und die Nadel *aD* gleichzeitig auf der Nullmarke, der Mitte der Skala, stehen. Dann sind die Spannungsmomente der Spirale unter sich gleich. Ist das nicht der Fall, so dreht man den äußeren Zylinder *xy* rechts oder links, bis die oben erwähnte Bedingung erfüllt wird. Es ist vorausgesetzt, daß dabei die Nadel *aD*, wie auch die Achse *Ji* unbeweglich bleiben. Dann legt man ein kleines Gewichtsstück, z. B. ein Gramm, auf die rechte Wagschale. Dadurch wird natürlich die Nadel *aD* vom Nullpunkte nach rechts abgelenkt. Nun dreht man den Zeiger *iS* nach links, bis die Spannung der rechten Spirale groß genug wird, um die Wirkung des Übergewichts auf den Balken auszugleichen, was sich dadurch zu erkennen gibt, daß die Nadel *aD* wieder auf dem Nullpunkte einsteht. Jetzt teilt man den Bogen, um den der Zeiger *iS* gedreht wurde, in 10 oder in 100 gleiche Teile, je nach der gewünschten Empfindlichkeit der Wägungen. Da die Ausdehnung der Stahlfeder, wenn der Draht sehr dünn ist, wie z. B. bei den Taschenuhrfedern, in weiten Grenzen der ausdehnenden Kraft proportional ist, so entspricht die Ablenkung des Zeigers um einen Teilstrich dem Übergewicht von 1 cg (wenn die Skala in 100 Teile geteilt würde). In derselben Weise muß man auch die linke Seite der Skala eichen, da es wohl möglich ist, daß der Elastizitätskoeffizient, oder gar der Abstand von der Drehungsachse des Balkens bei den beiden Federn nicht genau dieselben sind.

Ist die Skala ein für allemal geeicht, so ist der Gang einer Wägung folgender. Man legt den abzuwägenden Körper auf die eine Wagschale und sucht ihn durch große Gewichtsstücke ins Gleichgewicht zu bringen. Gesetzt, wir finden, daß das zu bestimmende Gewicht zwischen 25 und 26 g liegt. Dann lassen wir auf der Schale 25 g liegen und drehen den Knopf *J*, und auch den Zeiger *iS*, in der nötigen Richtung, bis die Nadel *aD* wieder auf dem Nullpunkt einsteht. Um das Gewicht des untersuchten Körpers zu finden, hat man zu dem auf der Schale liegenden Gewichte soviel cg hinzuzufügen, wie der Zeiger Teilstriche verlaufen hat. Liegen z. B., auf der linken Schale 25 g und wurde der Zeiger um 15 Skalenteile abgelenkt, so ist das gesuchte Gewicht 25,15 g.

Es ist zu bemerken, daß die Schwingungen des Wagebalkens, welche oft sehr zeitraubend sind, bei dieser Wage dadurch vermieden werden können, daß man den Knopf *J* taktmäßig gegen die Schwingungsrichtung der Nadel *aD* hin und her dreht. Dann werden die Schwingungen rasch gedämpft.

Außer den Wägungen ist die obenbeschriebene Wage für die Messung **vertikaler Kräfte jeder Art** sehr geeignet. Fig. 3 stellt die Wage in Verbindung mit dem W. Thomsonschen Elektrometer für elektrostatische Messungen dar.

Ich will nun an einigen Beispielen zeigen, wie die Wage im Unterrichte zu verwenden ist.

1. **Messung der Oberflächenspannung der Flüssigkeiten.** Ich bringe die Arretiergabeln so nahe an den Wagebalken, daß dieser nur sehr kleine Schwingungen ausführen kann. Dann hänge ich am Arme des Balkens mittels dreier Fäden einen Messingring horizontal auf und äquilibriere ihn mit Schrot. Beiläufig bemerke ich, daß alle zum Äquilibrieren verschiedener Objekte nötigen Gewichte aus mit Schrot gefüllten Schälchen bestehen und beizeiten vorbereitet werden. Ich nähere dem Ringe von unten ein mit Wasser gefülltes Gefäß, das auf einem Stativ mit Zahngetriebe steht, hebe das Gefäß, bis der Ring ganz ins Wasser eintaucht, und senke es dann wieder, bis sich zwischen dem Ringe und der Wasseroberfläche eine ringförmige Wasserlamelle von ungefähr 3 mm Höhe bildet. Dabei sinkt der rechte Arm auch herunter, woraus zu schließen ist, daß die flüssige Lamelle eine gewisse Spannung ausübt. Die Nadel *a D* läßt sich aber wieder auf den Nullpunkt bringen, dadurch, daß man die rechte Arretiergabel hinaufzieht.

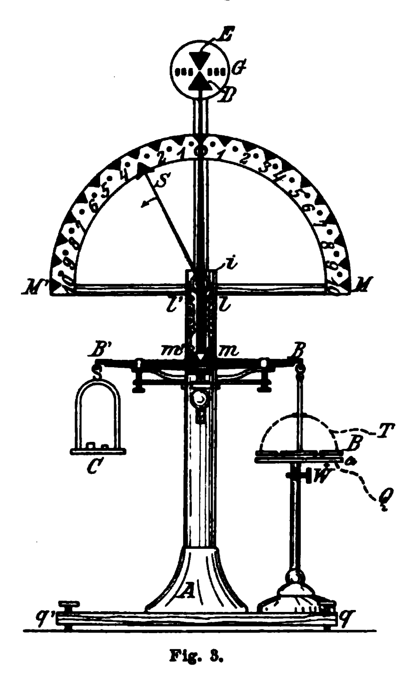


Fig. 3.

Um die Spannung der Lamelle zu messen, senke ich die linke Arretiergabel ganz herunter und drehe den Zeiger *S* links so weit, bis die Lamelle zerreißt, was daran zu erkennen ist, das die Nadel plötzlich nach links ausschlägt. Dann mißt die Ablenkung des Zeigers *S* die Spannung der Lamelle. Ist die Umfangslänge des Ringes sehr groß, so kann es vorkommen, daß die Spannung der Stahlfederchen an der Wage zu schwach ist, um die Lamelle zu zerreißen. Dann hilft man den Federn mit einigen Gewichtsstücken, die man auf die linke Wagschale legt.

Bei einem von mir ausgeführten Versuche (bei 16° C) mit einem Ringe, dessen Umfang 146 mm war, zerriß die Wasserlamelle, nachdem auf die linke Wagschale 2 g gelegt und der Zeiger *S* um 5 Teilstriche gedreht war, was im ganzen dem Gewichte 2,5 g entspricht. Daraus folgt, daß die Oberflächenspannung des Wassers gleich ist

$$A = \frac{2500 \text{ mg}}{2 \times 146 \text{ mm}} = 8{,}5 \frac{\text{mg}}{\text{mm}}.$$

Es ist noch zu beachten, daß der Ring aus dem Wasser naß herausgezogen wird und daher schwerer ist, als im trocknen Zustande. Dieses Übergewicht ist leicht zu ermitteln: man dreht den Zeiger *S* wieder so weit links, bis die Nadei *a D* auf dem Nullpunkt einsteht. Das vom Zeiger angegebene Gewicht ist von der obenerwähnten Zahl 2500 mg abzuziehen, wenn man eine größere Genauigkeit zu erzielen wünscht.

Gießt man ins Wasser einige Tropfen Weingeist, so wird die zum Abreißen des Ringes nötige Drehung des Zeigers bedeutend kleiner, woraus man auf eine Verminderung der Oberflächenspannung schließen kann.

2. **Messung der magnetischen Kräfte.** Zu diesem Zwecke verwende ich Magnetstäbe von eigentümlicher Gestalt (Fig. 4). Bei solchen Magneten strahlen die magnetischen Kraftlinien nur aus zwei Punkten *a* und *b* aus, als wären die freien Massen nur in diesen Punkten konzentriert. Unter dieser Bedingung wird die Wirkungs-

kraft zwischen zwei Punkten, welche wir als Magnetpole ansehen, wirklich dem Quadrate ihrer gegenseitigen Entfernung umgekehrt proportional. Die Lage der Punkte a und b läßt sich mittels Feilspankurven bis auf 1 mm genau feststellen.

Drei ähnliche Magnete, die ich mit ns, NS und $N'S'$ bezeichnen will und die ich für meine Versuche anwandte, hatten die Länge, in cm ausgedrückt, 17,3, 34,4, 34,4. Der Abstand ihrer Magnetpole von den nächsten Endflächen der Stäbe war: 0,5, 0,7 und 0,7. Danach erhält man für die Längen der Magnetachsen bezw. die Werte: 16,3, 33 und 33.

Um den Versuch anzustellen, hänge ich den kürzeren Magnet ns am rechten Arme des Balkens (Fig. 5) lotrecht auf und äquilibriere ihn mit Schrot. Dann hebe ich die rechte Arretiergabel, bis sie den ihr entsprechenden Hebelarm unterstützt, und nähere dem Magnete ns den größeren Magnet NS, so daß die Achsen der beiden in einer Geraden liegen. Zwischen die Polflächen s und N wird ein Pappstreifen lotrecht eingeschoben. Kennt man die Breite des Streifens, so ist es auch leicht, die Entfernung der Pole N und S von n und s zu ermitteln. Im ganzen haben wir vier Kräfte; da aber die Entfernung des Pols S sehr bedeutend ist, so darf man, in erster Annäherung, seine Wirkung auf ns vernachlässigen. Es bleibt dann nur die Wirkung des Pols N auf n und s übrig. Um diese Kraft zu bestimmen, drehe ich den Knopf J der Wage mit seinem Zeiger, bis die Nadel aD einen Ruck nach links erfährt. Bei einem von mir ausgeführten Versuche war die Ablenkung des Zeigers 9,7 Teilstriche, was einer Kraft 0,97 g entspricht.

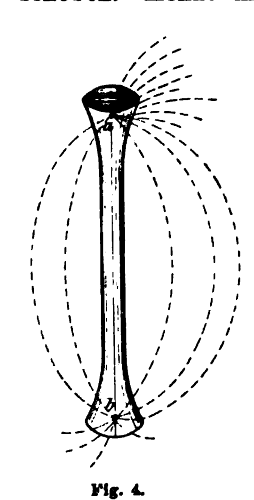


Fig. 4.

Fig. 5.

Bezeichnen M die Masse des Pols N, m die Masse der Pole s und n, d den Abstand zwischen N und s, $2l$ die Achsenlänge ns, p die an der Wage gemessene Kraft, so hat man folgende Beziehung:

$$Mm = \frac{p}{\frac{1}{d^2} - \frac{1}{(d+2l)^2}}$$

Die rechte Seite dieser Gleichung soll konstant bleiben, wenn die Angaben der Wage richtig sind.

Wie weit diese Forderung erfüllt wird, ist aus der folgenden Tabelle zu ersehen,

d cm	4	5	6	7	8	9	10
p g	1,54	0,97	0,67	0,47	0,35	0,29	0,22
Mm	25,6	25,7	26,1	25,3	25,0	26,8	25,6

Als Mittel:

$$Mm = 25{,}7 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

Führt man dieselben Messungen mit dem Magnet $N'S'$ aus, so bekommt man in derselben Weise als Mittel

$$M'm = 26{,}9,$$

woraus

$$\frac{M'}{M} = \frac{26{,}9}{25{,}7} = 1{,}04 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

Jetzt hänge ich anstatt des kleinen Magnets *n s* den größeren Magnet $N'S'$ an den Wegebalken; im übrigen verfahre ich wie mit *n s*. Dann erhalte ich

$$MM' = 38{,}4 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 3)$$

Aus den Gleichungen 1), 2), 3) ergeben sich für die Massen der Magnetpole die Werte

$$m = 4{,}2, \qquad M = 6{,}07, \qquad M' = 6{,}32.$$

In absoluten Maßeinheiten werden diese Größen

$$M = 6{,}07 \sqrt{981} = 190; \; M' = 197{,}8; \; m = 132{,}5$$

woraus man für die magnetischen Momente der Stäbe erhält:

$$2LM = 190 \times 33 = 6270; \; 2LM' = 6520; \; 2lm = 2160.$$

Der freie Fall.

Von

Dr. **W. Bahrdt,** Neumünster.

In dieser Zeitschrift (1903, S. 90) empfiehlt Grimsehl zum Nachweis der Fallgesetze Versuche über den freien Fall anzustellen und die Atwoodsche Fallmaschine aus dem Unterricht zu verbannen. Diese Anregung ist wohl von allen Lehrern der Physik mit Freuden begrüßt worden. Der Grund, warum nicht schon eher der „freie Fall“ im Unterricht experimentell untersucht wurde, liegt meiner Meinung nach in der Schwierigkeit, die sehr kleinen Fallzeiten für die durch örtliche Verhältnisse im allgemeinen auf 10 bis 20 m beschränkten Fallräume genügend genau zu bestimmen. Zieht man in Betracht, daß die zu Fallräumen von 1 bis 20 m gehörigen Fallzeiten zwischen etwa $^1/_2$ und 2 Sekunden liegen, so erkennt man, daß schon recht kleine Fehler beim Beobachten der Fallzeit zu sehr ungenauen Resultaten führen. Grimsehl benutzt zur Messung der Fallzeiten ein Metronom, dessen Pendelschwingungen etwas weniger als eine halbe Sekunde betragen. Solche Messungen können aber keinen Anspruch auf große Genauigkeit haben. Eine Fehlerquelle liegt darin, daß man den Fallkörper genau mit dem Schlage des Metronoms fallen lassen soll, die zweite, daß man den fallenden Körper zugleich mit dem Schlage des Metronoms soll aufschlagen hören. Schätzt man z. B. bei einer Fallzeit von einer Sekunde, welcher ein Fallraum von fünf Metern entspricht, nur $^1/_{10}$ Sekunde zu viel oder zu wenig, so beträgt der zu dieser Zeit gehörige Fehler im Fallraum schon 1 m. Der Fehler von $^1/_{10}$ Sekunde ist aber noch recht klein beim Bestimmen von zwei Zeitpunkten, dem Anfangs- und dem Endpunkt der Fallzeit.

Ferner kann man mit der Grimsehlschen Anordnung im allgemeinen nur drei oder vier Fallzeiten, nämlich die zu 1 m, 4 m, 9 m, 16 m Fallraum gehören, bestimmen,

Mittelst einer gleichförmigen Bewegung, bei deren Beginn dem Fallkörper seine Stütze durch mechanische oder elektromagnetische Auslösung entzogen wurde, sodaß er vom Moment der Entstehung der gleichförmigen Bewegung an frei fiel, habe ich Fallzeiten zu Fallräumen bis 30 cm hinab gemessen und dabei sehr genaue Werte gefunden. Die Versuchsanordnung ist aus nebenstehenden Figuren ersichtlich.

Eine 2 m hohe Säule[1]) auf Dreifuß mit Stellschrauben (Figur 1), welche mit einer Centimetereinteilung versehen ist, trägt oben eine mit geringer Reibung um ihre Achse drehbare Rolle (R). Eine feine Schnur ist um sie geschlungen, welche an ihren Enden

[1]) Die Säule der Atwoodschen Fallmaschine kann hierzu benutzt werden.

zwei gleiche Gewichte M_1 und M_2 trägt. Auf jedes derselben wirkt die Schwerkraft; da die Züge an beiden gleich groß sind, aber nach entgegengesetzten Richtungen erfolgen, so kann ein Fallen der Gewichte nicht stattfinden. Erteilt man nun M_1 einen Stoß, so wird die erzeugte Geschwindigkeit allmählich durch Reibungswiderstände verringert werden. Dies kann jedoch verhütet werden, wenn man M_1 durch ein kleines Reibungsgewicht μ belastet, welches gerade so groß gewählt wird, daß nach Erlangung eines bestimmten Anstoßes die Bewegung eine gleichförmige wird. Beiläufig bemerke ich, daß diese Anordnung zur Erläuterung der Begriffe Beharrungsvermögen, Geschwindigkeit und zur experimentellen Einübung der Gesetze der gleichförmigen Bewegung im Anfangsunterricht der Dynamik benutzt werden kann. Eine gewisse Geschwindigkeit der Gewichte M_1 und M_2 wird dadurch erzeugt, daß dem Gewichte M_1 ein Übergewicht m zugelegt wird. Das Gewicht M_1 mit Reibungsgewicht μ und Übergewicht m

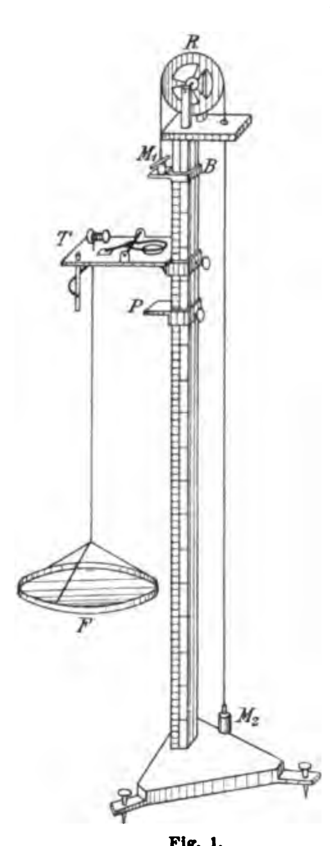


Fig. 1.

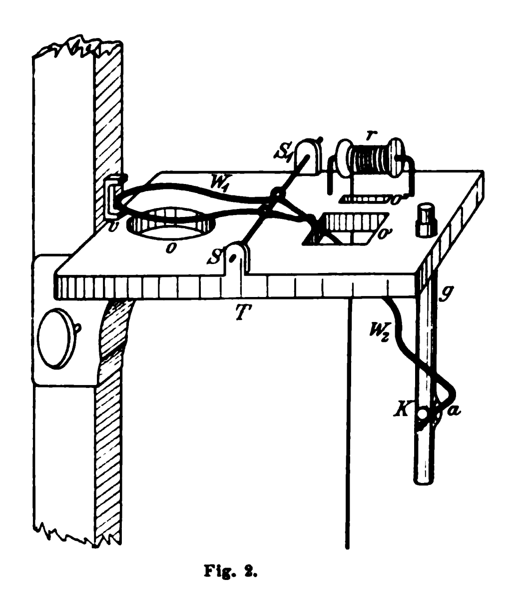


Fig. 2.

wird von einer Fallbrücke (B) getragen, die am oberen Ende des Stativs mittelst einer Schraube angebracht ist. Klappt man diese Fallbrücke herunter, so beginnt das Gewicht M_1 herabzusinken und trifft hörbar auf eine wagerechte Metallplatte P, welche längs der Skala verschoben und in beliebiger Höhe festgestellt werden kann. Wird das Übergewicht m durch eine Abfangevorrichtung, welche zwischen der Fallbrücke B und der Platte P angebracht ist, abgehoben, so sinkt von diesem Augenblick an M_1 mit gleichförmiger Geschwindigkeit an der Skala herab. Die zurückgelegten Wege sind dann proportional den Zeiten und können als Maß derselben angesehen werden.

Die Abfangevorrichtung für das Gewicht m ist auf einem horizontalen Tischchen T (Figur 2) angebracht, welches zwischen Fallbrücke und Metallplatte an der Säule festgeschraubt ist. Es trägt auf zwei Stützen (S und S_1) eine Wage aus Messing- oder Aluminiumdraht. Der eine Wagebalken (W_1) ist zum Abfangen des Übergewichtes m kreisförmig umgebogen; der Durchmesser der Kreisöffnung ist kleiner, als die Länge des Übergewichts, aber größer, als der Durchmesser des Gewichtes M_1. Eine konzentrische

kreisrunde Öffnung (o) ist in das Tischchen eingesägt, sodaß das Gewicht M_1 ungehindert längs der Skala herabsinken kann. Eine Arretiervorrichtung (v) beschränkt die vertikale Bewegung des Wagebalkens auf einen Raum von etwa 1 cm. Der andere längere Wagebalken (W_2) geht durch eine Öffnung (o') des Tischchens T schräg nach unten; das letzte Ende ist umgebogen und ragt in die seitliche Öffnung (a) einer Glasröhre (g) von 7 mm innerem Durchmesser, welche mittelst eines Korks in einer Öffnung des Tischchens T befestigt ist. Von oben wird in die Glasröhre eine Bleikugel (K) von 5 mm Dicke gesteckt, welche von dem in die seitliche Öffnung der Glasröhre ragenden Ende des Wagebalkens getragen wird.

Um eine auf dem Tischchen befindliche Rolle (r) ist ein $1/2$ cm breiter, 16 m langer Meßfaden mit Centimetereinteilung gewickelt, welcher durch eine längliche Öffnung (o'') des Tischchens T hindurchgeht. An seinem unteren Ende ist mittelst dreier Fäden ein rundes, leichtes Fallbrett (F) von 25 bis 30 cm Durchmesser mit aufwärts gebogenem Rande angehängt.

Die Bleikugel (K) ist der frei fallende Körper, welcher vom Fallbrett aufgefangen wird, die Säule mit Skala, Abfangevorrichtung, Fallbrücke und Metallplatte dient zum Messen der Zeit, welche die Bleikugel zum Durchfallen des Raumes zwischen der Ruhelage in der Glasröhre (g) und dem Aufschlagen auf dem Fallbrett braucht.

Ein Versuch wird in folgender Weise angestellt. Das Fallbrett wird bis zu einer bestimmten Tiefe herabgelassen, und das Gewicht M_1 mit Reibungsgewicht μ und Übergewicht m auf die Fallbrücke gestellt. Diese wird heruntergeklappt, und das Gewicht M_1 beginnt mit wachsender Geschwindigkeit an der Skala herabzusinken. Beim Passieren des Wagebalkens wird das Übergewicht m abgehoben, und das Gewicht M_1 bewegt sich von diesem Zeitpunkt an mit gleichförmiger Geschwindigkeit längs der Skala; in demselben Augenblick wird der Wagebalken W_1 durch das Gewicht m heruntergedrückt, das andere Ende W_2 schnellt nach oben, und der Kugel K wird die Unterlage entzogen, sodaß sie frei fällt. Nach kurzer Zeit hört man sie auf dem Fallbrett aufschlagen. Durch mehrmaliges Probieren wird nun die Metallplatte P so an der Skala festgestellt, daß der Aufschlag der Kugel auf dem Fallbrett genau zusammentrifft mit dem Aufschlag des Gewichtes M_1 auf der Metallplatte. Die Strecke an der Skala vom Wagebalken W_1 an bis zur Metallplatte P ist ein Maß für die Fallzeit der Kugel.

Wenn man den Fallraum 4, 9, 16 .... mal vergrößert, so nehmen die Zeiten, an der Skala gemessen, um das doppelte, dreifache, vierfache u. s. w. zu. An der Säule ist außer der Centimetereinteilung eine Einteilung nach Sekunden angebracht, mit deren Hülfe man für jeden beliebigen Fallraum die absolute Fallzeit in Sekunden messen kann. Die Genauigkeit der Messung ist eine sehr große; ich schätze die Beobachtungsfehler auf weniger als $1/50$ Sekunde. Schon bei Fallräumen von 30 cm an erhält man sehr genaue Werte der Fallzeiten; von noch kleineren Fallräumen die Fallzeiten zu messen ist zwar möglich, aber im Unterricht nicht empfehlenswert, da kleine Beobachtungsfehler die an sich schon kleinen Fallzeiten verhältnismäßig stark beeinflussen. Ich habe im Unterricht die Fallräume 30, 120, 270, 480, 750, 1080 cm gewählt. Die Versuche wurden im Treppenhause des Schulgebäudes gemacht, wobei die Säule an dem Rande des Treppengeländers des zweiten Stockwerks aufgestellt wurde; die Kugel konnte dann durch den ganzen Raum des Treppenhauses, d. h. durch eine Höhe von 11 m fallen. Die Metallplatte P habe ich schließlich ganz fortgelassen. Anstatt dann das gleichzeitige Aufschlagen des Fallkörpers und des Gewichtes M_1 wahrzunehmen, beobachtete ich, welchen Skalenteil das Gewicht M_1 in dem Zeitpunkt

passierte, in dem das Geräusch der aufschlagenden Kugel gehört wurde. Durch einen vorläufigen Versuch bestimmte ich zuerst ungefähr diesen Punkt der Skala, durch weitere Versuche korrigierte ich seine Lage. Um ihn für die Schüler weithin kenntlich zu machen, klemmte ich an dem beobachteten Punkte einen kurzen, dicken Draht fest, welcher sich deutlich von der Skala abhob. Bei größeren Fallräumen brachte ich noch die Zeit in Rechnung, welche der Schall zum Durchlaufen der Strecke vom Fallbrett bis zum Ohr braucht.

Mit Hülfe der selbsttätigen Auslösung und des gleichförmig bewegten Gewichtes M_1 lassen sich auch die Gesetze einer über eine schiefe Ebene rollenden Kugel experimentell herleiten. Statt der kurzen Glasröhre G wird am Tischchen T eine 2 m lange Glasröhre schief gegen die Horizontalebene befestigt. Die Fallkugel wird von oben in die Röhre gesteckt und von dem umgebogenen, in eine seitliche Öffnung der Glasröhre ragenden Ende des Wagebalkens w_2 gehalten. Die Auslösung durch das Übergewicht m erfolgt in derselben Weise, wie beim freien Fall. Zur Bestimmung der Abhängigkeit der von der rollenden Kugel durchlaufenen Wege von den Zeiten wird die Platte P an einer bestimmten Stelle der Skala festgeschraubt und durch mehrere Versuche die Stelle der Glasröhre bestimmt, welche die Kugel beim Aufschlagen des Gewichtes M_1 auf der Platte passiert. Diese Stelle wird durch einen Papierstreifen markiert, der mit Klebwachs an der Glasröhre befestigt wird. Darauf verschiebt man die Platte P an der Skala, bis ihr Abstand vom Wagebalken w_1 doppelt so groß wie vorher ist. Durch mehrere Versuche wird nun wieder der Endpunkt des zu der neuen Zeit gehörigen Fallraumes bestimmt. Solche Versuche stellt man noch mit der dreifachen, vierfachen .... Zeit an. Durch Vergleichung der Wege untereinander ergibt sich dann das Fallgesetz für die schiefe Ebene. Die Beschleunigung beim Rollen auf der schiefen Ebene erhält man durch Verdoppelung des in der ersten Sekunde durchlaufenen Weges; ihre Abhängigkeit von der Schiefe der Fallröhre wird experimentell durch Messung der Höhe und Länge der Glasröhre bestimmt. Bei praktischen Schülerübungen sind solche Untersuchungen von großem Werte.

Statt der mechanischen Auslösung des Fallkörpers beim freien Fall habe ich auch mit Erfolg die Auslösung mittest eines Elektromagneten erprobt. An Stelle des Tischchens wird an der Skala eine Holz-, Kork- oder Paraffinbrücke befestigt, deren Einrichtung aus Figur 3 ersichtlich ist. In der Mitte befindet sich eine zylindrische Öffnung zum Hindurchlassen des Gewichtes M_1. Konzentrisch zu ihr sind zwei fast halbkreisförmige Rinnen eingeschnitten, die mit Quecksilber gefüllt werden. Diese Rinnen werden mit je einem Pole eines Akkumulators verbunden. Von der einen Rinne wird der Strom durch einen Widerstandskasten w hindurch zu einem Elektromagneten geführt, den ich aus einem starken Eisennagel durch Umwickelung mit übersponnenem Kupferdraht herstellte. Vom Elektromagneten führt ein Kupferdraht nach der zweiten Quecksilberrinne zurück. Der elektrische Strom ist bei dieser Anordnung geschlossen, sodaß der Elektromagnet eine Eisenkugel K, die als Fallkörper dient, zu tragen vermag. Durch Einschalten von Widerstand wird der Strom nun so weit geschwächt, daß die Kugel nur noch eben gehalten wird, bei der geringsten Verminderung des Elektromagnetismus aber herabfällt. Werden nun die beiden Quecksilber-

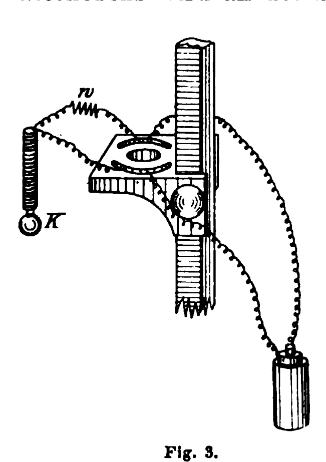


Fig. 3.

rinnen durch einen Metallstreifen kurz mit einander verbunden, so geht nur noch ein kleiner Bruchteil des früheren Stromes durch den Elektromagneten, sodaß dieser infolge Schwächung seines Elektromagnetismus die Eisenkugel fallen läßt. Die Verbindung der beiden Quecksilberrinnen erfolgt nun in dem Augenblick, wenn das Übergewicht m des an der Skala herabsinkenden Gewichtes M_1 durch die Brücke abgehoben wird. Damit beim Aufschlagen das Quecksilber nicht umherspritzt, taucht das Übergewicht nur mit je zwei an beiden Enden angelöteten Kupferstiften in die Rinnen. Die Versuche wurden sonst ganz wie oben beschrieben angestellt.

Man könnte gegen die bei den Versuchen angewandte Methode der Zeitmessung den Einwand erheben, das Reibungsgewicht μ wäre schwerlich so genau zu bestimmen, daß die Bewegung nach Abheben des Übergewichtes m eine vollständig gleichförmige ist. Diesem Einwand will ich gleich an dieser Stelle entgegentreten. M_1 und M_2 mögen zusammen ein Gewicht von 600 g besitzen. Wählt man nun das Reibungsgewicht um 0,1 g größer, als sein wirklicher Wert ist, so wird nach Abheben des Übergewichtes m die Bewegung eine beschleunigte sein. Die zugehörige Beschleunigung γ verhält sich zu der Beschleunigung $g = 981$ cm durch den freien Fall wie 0,1 zu 600,1; daher ist $\gamma = 0{,}16$ cm. Da die zu messenden Fallzeiten höchstens $1\frac{1}{2}$ bis 2 Sekunden betragen, so würde dem Fehler von 0,1 g beim Reibungsgewicht ein Fehler von 2,4 bis 3,2 mm an der Skala in diesen Zeiten entsprechen. Wenn nun 50 cm an der Skala den Wert von 1 Sekunde darstellen, so würde der durch ein um 0,1 g zu großes Übergewicht hervorgerufene Fehler an der Skala weniger als $\frac{1}{150}$ Sekunde die gesuchte Fallzeit ändern. Solche Fehler können aber anstandslos vernachlässigt werden[1]).

Ein mechanisches Modell zur Demonstration des Dopplerschen Prinzips.

Von

Dr. **Gauger** in Stralsund.

Das Dopplersche Prinzip, das seine Stelle in der Akustik und in der Optik hat, ist ein ganz allgemeines, und gilt für jede Art der Wellenbewegung. Wirft man ein Stück Holz auf eine ruhige Wasserfläche, so bildet sich in konzentrischen Kreisen fortschreitend das bekannte transversale Wellensystem. Fig. 1 zeigt die Stellung der Wellenberge in ihrem Fortschreiten zu den dabei stehenden Zeiten (Bruchteile einer Sekunde). Bindet man jedoch das Holz an einen Faden, wirft es auf die Wasserfläche und zieht den Faden zu sich heran mit einer Geschwindigkeit, welche die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle im Wasser nicht übersteigt, so sieht man deutlich, wie vor dem Holze die Wellenberge sich zusammenschieben, hinter demselben jedoch mehr von einander entfernt sind als vorher (Fig. 2). Vor dem Holze wird die Wellenlänge verkürzt, die Schwingungszahl erhöht, umgekehrt hinter demselben. Das ist das Dopplersche Prinzip.

Zieht man das Holz mit größerer Geschwindigkeit als der der Fortpflanzung der Wasserwelle zu sich heran, so bildet sich durch Interferenz eine keilförmige Streckwelle, die als resultierende aller der Wellen, die das Holz beim ruckweisen Fortschreiten pro Bruchteil der Sekunde erzeugt, leicht zeichenbar ist, Fig. 3.

[1]) Die vorstehend beschriebenen Apparate werden von der Firma E. Leybolds Nachfolger, Köln, Brüderstr. 3—5, geliefert.

Beide Fälle kann man bei schwimmenden Schwänen oder Enten oder am Wasserbassin eines schwimmenden Fischotters oder eines Seehundes je nach der Schwimmgeschwindigkeit der Tiere gut beobachten. Den Fall der keilförmigen Bugwelle zeigt uns das fahrende Schiff. Ein durch die Luft sausendes Projektil erzeugt in derselben Weise eine hyperbolische Streckwelle, deren tatsächliches Vorhandensein von Mach, Salcher und Boys ja auch photographisch festgelegt worden ist (diese Zeitschr. *I*, *121*).

Auf die vielfachen Beobachtungen, die das Dopplersche Prinzip in der Akustik und Optik als richtig erwiesen haben, gehe ich hier nicht ein. Fast alle haben den Übelstand, sich im Experimentierzimmer nicht oder nur mit Schwierigkeiten wiederholen zu lassen. Zwei Experimentieranordnungen, die diese Zeitschrift im XIV. Jahrgang (1901) bringt, die eine von Elsässer, die andere von van Gulik, welche einen Machschen Versuch verbessert, erweisen sich schon in dieser Hinsicht als zweckentsprechender. Eine Wellenmaschine, die auf rein mechanischem Wege das Prinzip zu veranschaulichen gestattet, soll im folgenden beschrieben werden.

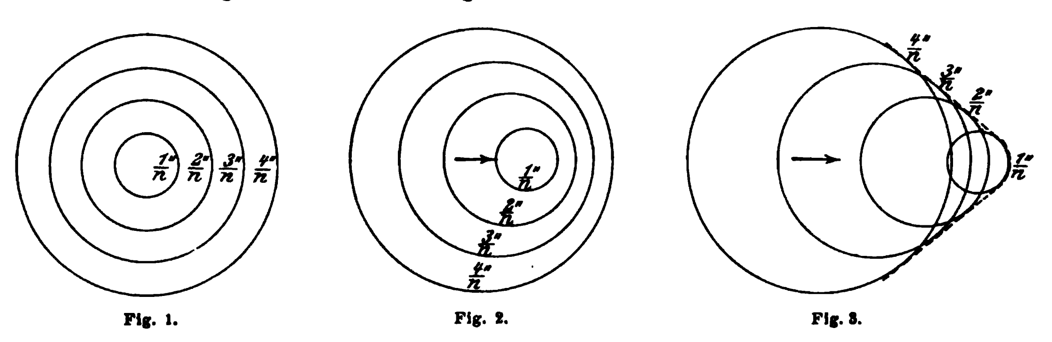


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Als Hauptteil fungiert eine kupferne Spiralfeder, die man durch Aufwickeln eines 6 m langen, 2 mm starken Kupferdrahtes erhält. Nachdem der Draht mit einem Ende im Schraubstock festgeklemmt ist, wird er zunächst gestreckt, um alle die Verbiegungen, die das weiche Kupfer mit Leichtigkeit annimmt, fortzuschaffen. Alsdann wickelt man ihn, die Windungen immer dicht nebeneinander legend, auf ein Messingrohr von 33 mm Weite, wie es zur Konstruktion der Fernrohre Verwendung findet. Läßt man nun mit dem Zuge nach, so ergibt sich eine Spirale von ungefähr 54 Umgängen, die wegen der geringen Elastizität des Kupfers sich dem Rohre ziemlich eng anschließt, aber noch genügend Spielraum läßt so, daß sie auf dem Rohre bequem hin und hergleiten kann, Fig. 7. Die Kupferspirale wird durch Zug in der Längsrichtung, indem man die Endwindungen anfaßt, auf ungefähr 40 cm ausgedehnt und ist nun vermöge ihrer Nachgiebigkeit bei ausreichender Elastizität für den Versuch gut geeignet. Stahl- und Messingdraht haben sich als zu hart herausgestellt.

Diese Spirale wird nun auf dasselbe Messingrohr, das praktisch eine Länge von 60 cm erhält, aufgebracht. In der Mitte desselben befindet sich ein Schieber. Durch Schraubendrehung der Spirale erreicht man es, daß der Schieber auch in die Mitte der Spirale kommt.

Der Schieber stellt nun das Zentrum einer Wellenbewegung dar, vielleicht einer longitudinalen, wie bei einer tönenden Glocke. Jede einzelne Kupferwindung sei eine Verdichtung, der dazwischenliegende Luftraum die zugehörige Verdünnung, dann sieht man, wie bei ruhender Schallquelle (vergl. Fig. 1) in der beiderseitigen Längsrichtung des Rohres Verdichtung und Verdünnung in gleichen Abständen angeordnet sind. Bringt man nun nach beiden Seiten auf dem Rohre, in einer Entfernung von etwa 13 cm von der Mitte aus, je eine Marke an und nimmt nun an

daß die erste Erregung von seiten der Schallquelle in einer Sekunde bis zur Marke sich fortpflanze, so gibt die Distanz von der Mitte bis zur Marke die Fortpflanzungsgeschwindigkeit v des Wellensystems an. Der Abstand zweier Verdichtungen (Kupferwindungen) ist die Wellenlänge λ, die Anzahl der Kupferwindungen von der Mitte bis zur Marke die Schwingungszahl n, dann sieht man die Formel $v = n \,.\, \lambda$ anschaulich dargestellt. Schiebt man die Spirale mehr nach der Mitte zusammen, so ist $v = n_1 \,.\, \lambda_1$ und man erkennt das Gesetz, daß Schwingungszahl und Wellenlänge umgekehrt proportional sind.

Nun gehen wir zur Darstellung des Dopplerschen Prinzips über. Bewegen wir das Rohr heftig in seiner Längsrichtung vorwärts, so drängt sich die Spirale vor dem Schieber zusammen, während sie hinter demselben sich verlängert, also haben wir vor der Schallquelle größere Schwingungszahl und geringere Wellenlänge, umgekehrt hinter derselben (Vergl. Fig. 2). Diese Tatsache ist jedoch bei der schnellen Bewegung des Rohres nicht beobachtbar. Gelangt das Rohr wieder zur Ruhe, so schnellt die Spirale sofort zurück und außerdem stellt sich beim Anhalten des Apparates einen Moment lang grade das Gegenteil von dem zu beweisenden ein, bis schließlich auch die Spirale zur Ruhe gelangt. Aus diesem Grunde ist eine Arretierung erforderlich, die noch während der Bewegung des Rohres die Spirale festhält so, daß auch in der Ruhe das Verhältnis von n und λ noch erkennbar ist. Dies wird dadurch erreicht, daß man bei den Marken Sperrhaken austreten läßt, die die Spirale an der ferneren Bewegung hindern.

Bis hierher zeichnet sich der Apparat durch genügende Übersichtlichkeit und Einfachheit aus, bis hierher ist er auch nur für das Verständnis der Schüler berechnet. Die Sperrvorrichtung, die im Innern des Rohres angebracht ist, deren Wirkung der Schüler durch den Augenschein an dem Heraustreten von 4 Haken aus bei den Marken angebrachten Öffnungen sofort erkennt, ist in seiner Konstruktion, obwohl nicht kompliziert, so doch für das Verstehen des Dopplerschen Prinzips ohne Belang.

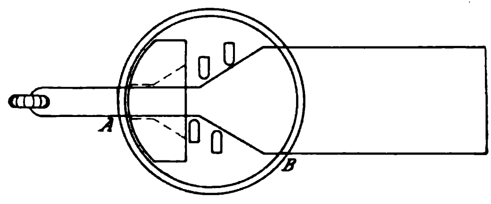


Fig. 4.

Der Schieber (Fig. 4) aus 2 mm starkem Kupferblech hat eine Breite von 20 mm und verschmälert sich nach seiner Spitze zu keilförmig auf 5 mm. Der Keilwinkel beträgt 60°, der Querschnitt des Keiles ist also ein gleichseitiges Dreieck. Der Schieber ist durch 2 entsprechende Schlitze in der Mitte des Messingrohres geführt und an der Spitze mit einem Ringe versehen, um das Herausfallen zu verhindern.

Auf den schiefen Ebenen, die den Keil bilden, ruhen die kurzen Arme von 4 zweiarmigen Hebeln aus 2 mm starkem Kupferblech, von denen zwei immer scherenartig verbunden sind und zu beiden Seiten der Rohrmitte liegen. Die Hebelarme haben die Längen 3 cm und 10 cm (Fig. 5). An den Enden der längeren Arme befinden sich die zugespitzten 6 mm langen Sperrhaken. Diese werden für gewöhnlich im Innern des Rohres durch Federn aus Stahldraht (Klaviersaite) zurückgehalten. Die aus 3 Umgängen gebildete Spule dieser Federn sitzt auf der Achse, die den Drehpunkt der Schere darstellt, ihre Enden sind gekreuzt und in der Nähe der Haken mit den längeren Hebelarmen (Umbiegen genügt) verbunden. Die Drehungsachse jeder federnden Schere ist in einen kreisförmigen Holzklotz eingebettet, aus dem soviel herausgesägt ist, daß für die Schere wie für die Spule der Feder genügend Raum vorhanden ist (Fig. 6). Um die 6 mm langen Haken aus den vier Öffnungen

bei den Marken herauszudrücken, genügt nun bei dem Verhältnis der Hebelarme 3:10, daß der keilförmige Schieber jeden kurzen Hebelarm um 1,8 mm hebt, was einem Eindrücken des Schiebers um 3,1 mm entspricht.

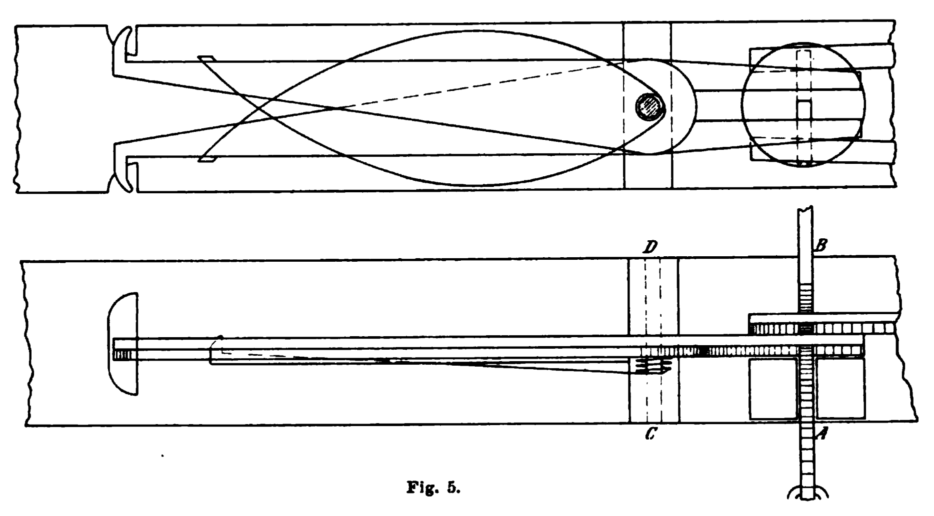


Fig. 5.

Um einem Verbiegen der kurzen Hebelarme beim Heraufgleiten auf der schiefen Ebene vorzubeugen, bewegt sich frei auf dem schmalen Ende des Schiebers ein zylindrisches Bremsklötzchen, welches der Form der inneren Rohrwandung sich anpaßt und ein übermäßiges Eindrücken des Schiebers verhindert (Fig. 4 und 5).

Um diese Sperrvorrichtung im Innern des Rohres zu montieren, steckt man zunächst den Schieber durch den breiten Schlitz und sucht das schmälere Ende durch das in das Rohr eingeschobene Bremsklötzchen und den schmalen nach außen führenden Rohrschlitz zu führen. Aldann bringt man an der Spitze des Schiebers den Ring an. Nun schiebt man den einen Kreisklotz mit möglichst aufgesperrter Schere in das Rohr so, daß die kurzen Arme den schmalen Teil des zurückgezogenen Schiebers umfassen, und justiert so lange, bis beim Eindrücken des Schiebers die Sperrhaken glatt die Öffnungen bei der Marke passieren. Dann wird der Kreisklotz durch Schrauben mit dem Rohre fest verbunden. Dieselbe Manipulation erfordert der zweite Kreisklotz, der von der andern Seite in das Rohr geschoben wird. Nun wird die Spirale auf das Rohr gebracht, wie oben beschrieben, durch Zug so weit verlängert, daß jenseit jeder Marke vielleicht noch 7 Windungen liegen, und der Apparat ist zum Gebrauche fertig.

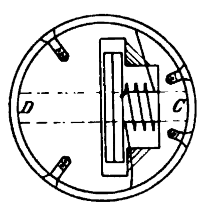


Fig. 6.

Man faßt jetzt das Rohr mit der rechten Hand an einem Ende, den Schieber mit der linken, bewegt das Rohr heftig horizontal in seiner Längsrichtung, drückt den Schieber noch während der Bewegung in das Rohr hinein und hält ihn in dieser Lage fest. Bei geringer Vorübung, die in dem Erfassen des rechten Momentes zum Eindrücken des Schiebers besteht, ist ein Versager ausgeschlossen. Nun läßt sich der Schwingungszustand vor und hinter der Schallquelle den Schülern bequem auseinandersetzen (Fig. 7 und 8).

Da die Kupferspirale bei der großen Weichheit des Kupfers ab und zu ihre regelmäßige Anordnung der Windungen einbüßt, muß man sie in solchem Falle nach der Mitte eng zusammenschieben und fest zusammendrehen so, daß sie sich der Rohrform wieder anschmiegt. Nach dem Loslassen und dem Verlängerungszuge ist sie zum neuen Experiment vorbereitet.

Es ist klar, daß die Wirkung dieses Modells auf dem Gesetze der Trägheit, verbunden mit den elastischen Eigenschaften der Spirale, beruht.

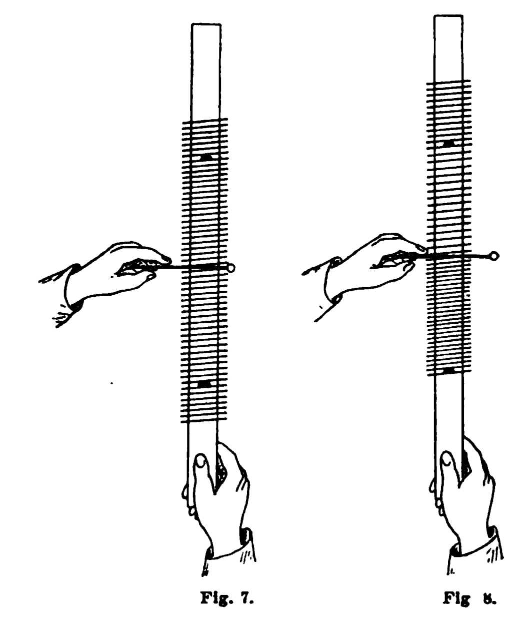
Es soll nun am Modell die Formel abgeleitet werden.

Wir denken uns neben dem Apparate einen Maßstab angebracht, mit dem Nullpunkte beim Schieber, der die Bewegung des Apparates nicht mitmacht. Angenommen, wie oben, ein Druck in der Längsrichtung der Kupferspirale pflanze sich in 1'' um 13 (v) cm, also bis zu den Löchern mit den Sperrhaken fort. Wirkt der Schieber wie eine Schallquelle kontinuierlich, so mögen 20 (n) Verdichtungen nebst ihren Verdünnungen (Kupferwindungen) diese Strecke erfüllen, d. h. mit andern Worten: an das Ohr des Beobachters treffen in 1'' 20 Schwingungen mit der Wellenlänge $\frac{13}{20}$ cm $\left(\lambda = \frac{v}{n}\right)$. Bewegt sich nun der Schieber mit einer Geschwindigkeit 3 cm (c_1) in der Längsrichtung des Rohres, so drängen sich in der ersten Sekunde die 20 Windungen auf eine Strecke von 10 cm (v—c_1) zusammen, die Windungen jenseits der Marke bleiben in Ruhe nach dem Trägheitsgesetze. Die Wellenlänge λ verändert sich dadurch in $\frac{10}{20}$ cm (λ_1), also

$$v - c_1 = n \cdot \lambda_1 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 1)$$

In der zweiten Sekunde pflanzt sich nun vermöge der elastischen Eigenschaften der Spirale dies gesamte Wellensystem fort und nimmt am Ende der zweiten Sekunde die Strecke vom 16. bis 26. cm ein, während vom 3. bis 16. cm die Spirale die alte Gestalt zurückgewinnt. Der Schieber (die Schallquelle) rückt nun aber wieder um 3 cm (c_1) vor und hat am Ende der 2. Sekunde vom 6. bis 16. cm ein dem Wellensystem vom 16. bis 26. cm genau gleiches erzeugt so, daß wir vom 6. bis 26. cm dieselbe Wellenlänge λ_1 erhalten, während darüber hinaus noch, nach dem Trägheitsgesetze, die alte Wellenlänge λ besteht. So rücken von Zeitteilchen zu Zeitteilchen die Windungen vor dem Schieber zusammen und erhalten alle die Entfernung λ_1.

Analog rücken hinter dem Schieber die Kupferwindungen auseinander.


Fig. 7. Fig. 8.

Jetzt fassen die Sperrhaken ein und greifen so viel Wellenlängen ab, wie für eine Sekunde an das Trommelfell des Beobachters gelangen so, daß

$$v = n_1 \cdot \lambda_1 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 2)$$

wird, also durch Division von 1) und 2) $\frac{v - c_1}{v} = \frac{n}{n_1}$, d. h.

$$n_1 = n \frac{v}{v - c_1} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 3)$$

Für unser Zahlenbeispiel wird $n_1 = 26$. Nach dem Versuche sind vom Schieber vorwärts bis zum Haken 26 Kupferwindungen zu zählen.

Zu gleicher Zeit entfernt sich die Schallquelle von einem Beobachter hinter dem Rohre, für ihn ist die Betrachtung ganz entsprechend anzustellen, nur daß die Bewegung

der Schallquelle für ihn entgegengesetzt der Schallfortpflanzung verläuft, also ist c_1 negativ zu nehmen. Die Sperrhaken greifen hinter dem Schieber

$$n_1 = n \frac{v}{v + c_1} \quad \ldots \ldots \quad 4)$$

oder 16 Windungen ab.

Nehmen wir nun an, die Schallquelle (Schieber) stehe still und der Beobachter vor dem Rohre entferne sich in der Schallrichtung um c_2 cm in der Sekunde. Jetzt treffen in 1 Sekunde nicht mehr n Schwingungen sein Ohr, er weicht so viel Schwingungen aus, als sein sekundlicher Weg c_2 Wellenlängen λ enthält. Es ist also dasselbe, als wenn die Sperrhaken, die die Schwingungen abgreifen, welche in 1″ das Ohr des Beobachters treffen, um c_2 cm nach der Mitte zu gerückt wären. Die daraus resultierende scheinbare Schwingungszahl sei n_2, so ist: $v - c_2 = n_2 \lambda$, und da $v = n \lambda$, so ergibt sich durch Division $\frac{v - c_2}{v} = \frac{n_2}{n}$ oder

$$n_2 = n \cdot \frac{v - c_2}{v} \quad \ldots \ldots \quad 5)$$

Bewegen sich nun sowohl die Schallquelle als auch der Beobachter in der Schallrichtung, so tritt für den sich entfernenden Beobachter in Formel 5) statt der Schwingungszahl n die Schwingungszahl n_1 aus Formel 3) ein und man erhält

$$n_2 = n \frac{v - c_2}{v - c_1}, \quad \ldots \ldots \quad 6)$$

wo c_1 und c_2 positiv bei Bewegung in der Schallrichtung und negativ bei entgegengesetzter Bewegung zu nehmen sind. Man sieht, wie durch diese Betrachtung auch die Ableitung der Formel an Einfachheit gewinnt.

Eine Polwage zur Bestimmung der Polstärke von Magnetnadeln und der Horizontalintensität des Erdmagnetismus.

Von

Prof. **E. Grimsehl** in Hamburg.

Mit den Begriffen Polstärke, magnetisches Moment und Horizontalintensität des Erdmagnetismus muß man im Unterricht auf der Oberstufe sicher arbeiten können, um die Einheiten des absoluten elektromagnetischen Maßsystems einführen zu können, auch sind die Begriffe für das Verständnis der Tangentenbussole und des Galvanometers unbedingt erforderlich. Das Gausssche Verfahren zur Bestimmung dieser Größen setzt voraus, daß die Schüler die Potentialtheorie, die Lehre von den Schwingungen und vom Trägheitsmomente nicht nur einmal gehabt haben, sondern auch völlig beherrschen; das ist aber eine Forderung, der wohl selten alle Schüler einer Klasse genügen werden, Daher ist der Wunsch berechtigt, für die Bestimmung der in Frage kommenden Größen einfachere Verfahren zu haben.

Es sind schon in früheren Jahrgängen dieser Zeitschrift Vorschläge für diese Bestimmungen gemacht und Apparate dafür angegeben[1]), trotzdem halte ich die Ver-

[1]) Strecker, Drehwage für absolute magnetische Messungen. ds. Ztschr. *IX*, *209*; Kleiber, Ein Schulversuch zur Messung der Polstärke und des magnetischen Moments. ds. Ztschr. *X*, *72*; Püning, Bestimmung der Intensität des Erdmagnetismus nebst anderen magnetischen Messungen mittels eines neuen Dynmessers. ds. Ztschr. *X*, *288;* Kleiber, Apparat zur Bestimmung des Drehungsmoments einer Magnetnadel. ds. Ztschr. *XII*. *79;* Dechant, Die Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus mittels der Wage, *XIV*, *292;* Noack, Apparate und Aufgaben für physikalische Schülerübungen, Abschnitt 2 (die Polwage), *XV*, *194*.

öffentlichung eines neuen Apparates, welcher demselben Zwecke dient, nicht für überflüssig, besonders da er vielleicht noch einfacher als die früher konstruierten ist.

Der Apparat besteht aus drei verschiedenen Teilen (siehe Figur 1), der eigentlichen Polwage *A*, dem Vertikalmaßstab *B* und dem Stativ für die abstoßende Magnetnadel *C*. Außerdem gehört noch ein Satz kleiner Reitergewichte aus Aluminiumdraht dazu, die die Größe von 10, 20, 30, 40, 50 Dyn haben, damit die Größe der zu messenden Kräfte direkt in Dyn ausgedrückt wird.

Als Magnetnadeln werden Stricknadeln verwandt, die möglichst gleichartig und gleichmagnetisch sind. Man erreicht die gleiche Magnetisierung am leichtesten, indem man die Nadeln gleichzeitig in eine vom Strome durchflossene längere Drahtspirale steckt und dann die Stromstärke allmählich unter Anwendung eines Kurbelrheostaten oder eines Flüssigkeitswiderstandes bis auf Null sinken läßt. Läßt man die so magnetisierten Stricknadeln einige Tage unbeeinflußt von weiteren magnetischen Kräften liegen, so erreichen sie alle nahezu denselben Zustand der magnetischen Sättigung.

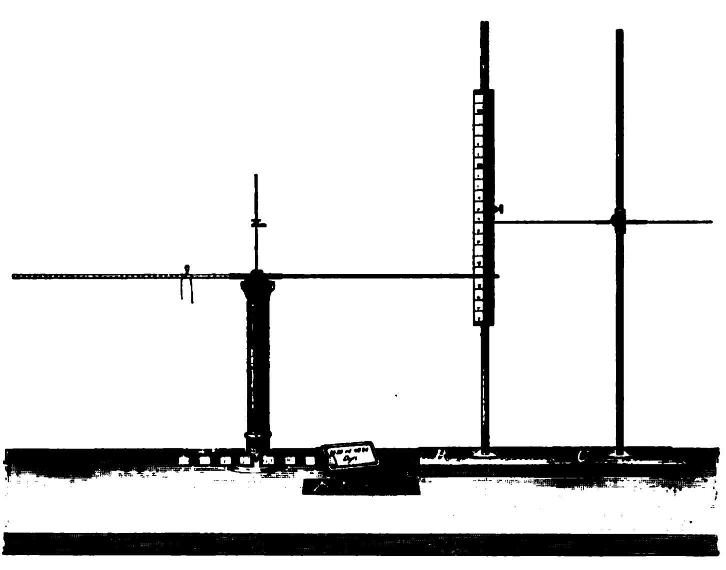


Fig. 1.

Die eigentliche Polwage *A* besteht aus einem Messingstativ, an dessen oberem Ende die Lager für die Schneiden einer Messinghülse angebracht sind, welche auf der einen (in der Figur rechten) Seite zum Hineinstecken einer der magnetisierten Stricknadeln, auf der anderen zum Hineinstecken eines gleich schweren aus Messing gefertigten Reiterlineals dient. Nach unten ist an der Hülse eine lange Zunge angebracht, deren untere Spitze einer auf dem Fuße des Statives befindlichen Spitze gegenüberstehen muß, wenn Stricknadel und Reiterlineal horizontal liegen. Nach oben sitzt auf der Zunge eine Schraube, auf der eine exzentrische Scheibe und ein anderes kleines Balanciergewicht auf und nieder geschraubt werden kann. Die exzentrische Scheibe dient dazu, geringe Ungleichheiten im Gewicht von Stricknadel und Reiterlineal auszugleichen, also die Zunge zum genauen Einspielen zu bringen. Das Balanciergewicht hat den Zweck, den Schwerpunkt des Apparates so weit nach oben zu verschieben, daß die Wage eine möglichst große Empfindlichkeit hat.

Der Vertikalmaßstab *B* besteht aus einem ca. 20 cm langen Spiegelstreifen, dessen Belegung zur Hälfte entfernt ist, und hinter den ein in Millimeter eingeteilter

Maßstab, nämlich ein Streifen Millimeterpapier gelegt ist. Der Spiegelstreifen ist mit einer Fassung versehen, durch welche er an einer messingenen Stativstange auf und ab verschoben und festgestellt werden kann.

Das Stativ *C* dient zur horizontalen Befestigung einer zweiten Magnetnadel. Dieselbe wird in eine federnde Hülse eingeschoben und kann nun mit der Hülse an einer passenden Stelle der Stativstange durch eine Druckschraube festgeschraubt werden.

Bestimmung der Polstärke. Nachdem man die Lage der Pole der beiden Stricknadeln nach irgend einer Methode, z. B. durch die Darstellung der Kraftlinien auf einem über die Stricknadeln gelegten Papier mittels Eisenpulvers oder nach dem von Püning (diese Zeitschr. *X*, *290*) angegebenen Verfahren bestimmt hat, steckt man die eine Stricknadel in die Polwage und stellt unter Benutzung der exzentrischen Scheibe und des Balanciergewichtes Gleichgewicht her. Dann stellt man hinter den freien Pol dieser Stricknadel den Vertikalmaßstab und verschiebt den Maßstab am Stative so, daß der Pol gerade vor dem Nullpunkte der Teilung liegt. Dann stellt man das mit der festen Nadel versehene Stativ *C* so auf, daß das gleichnamige Polende der Nadel einige Zentimeter über dem beweglichen Pole steht. Die bewegliche Nadel senkt sich und wird dann durch ein Reitergewicht, das auf das Reiterlineal gesetzt wird, wieder ins Gleichgewicht gebracht. Nun kann man am Vertikalmaßstabe die Entfernung der abgestoßenen Pole ablesen und kann aus der Größe des Reitergewichts und dem angewandten Hebelarme die abstoßende Kraft bestimmen, wenn man außerdem die Entfernung des freien Poles vom Drehpunkte kennt. Letztere Entfernung war bei den angewandten Stricknadeln genau 20 cm. Aus diesen Angaben wird nach dem Coulombschen Gesetze das Produkt der beiden Polstärken $m_1 m_2$ berechnet. Da man die Entfernung der beiden Pole innerhalb weiter Grenzen variieren kann, so hat man für die Beobachtung und Berechnung des Produktes eine beliebig große Anzahl von Werten. Nun stellt sich aber heraus, daß diese Werte nur innerhalb der Grenzen von 6—15 cm Abstand der Pole übereinstimmen. Für geringere Entfernungen sowohl wie für größere Entfernungen werden die Werte zu klein. Das hat offenbar darin seinen Grund, daß bei zu geringem Abstande der Pole die gegenseitige Influenzwirkung der Pole eine Schwächung derselben zur Folge hat, und daß man bei größeren Entfernungen die anziehende Wirkung des entfernten Poles nicht mehr vernachlässigen darf. Will man daher den Apparat zur Verifikation des Coulombschen Gesetzes benutzen, so darf man über die angegebenen Grenzen nicht hinausgehen. Andrerseits erscheint es empfehlenswert, die besprochene Abweichung auch im Unterricht zu zeigen, um die Schüler zu überzeugen, daß der magnetische Pol eines Magneten kein absolut fester Punkt ist.

Die Gültigkeit des Coulombschen Gesetzes setzt voraus, daß der Pol punktförmig ist, und daß die Kraftlinien von diesem Punkte aus geradlinig radial verlaufen, denn hieraus erst erklärt sich die Abnahme der abstoßenden Kraft mit dem Quadrate der Entfernung. Man würde also dann von einem punktförmigen Pole reden können, wenn sich die Kraftlinien, nach rückwärts verlängert, in einem Punkte schnitten. Eine Betrachtung der durch Eisenfeilicht sichtbar gemachten Kraftlinien zeigt aber, daß auch bei einem langen stabförmigen Magneten dieselben nicht genau von einem Punkte ausgehen. Nähert man sich einem Stabmagneten von der Seite her und verlängert die seitlichen Kraftlinien bis zu ihrem Durchschnittspunkte, so liegt derselbe auf der entgegengesetzten Seite des Magnetstabes. Man hat also, genau genommen, die Entfernung vom Pol nicht von dem Stabe ab zu rechnen, sondern von einem ent-

fernteren Punkte. Auch dieses wird ein Grund für die scheinbare Abweichung vom Coulombschen Gesetze sein.

Folgende Beobachtungsreihe möge die angegebenen Verhältnisse veranschaulichen. Hierin bedeutet r den Abstand der abstoßenden Pole in Zentimetern, k die in Dyn gemessene abstoßende Kraft und $m_1\, m_2$ das aus diesen Werten nach dem Coulombschen Gesetze berechnete Produkt der beiden Polstärken in absolutem Maße:

r	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
k	40	24,5	16,5	12	10	7,5	5,8	4,7	3,8	3,1	2,6	2,2	1,9	1,6	1,2
$m_1\, m_2$	160	221	264	300	360	368	371	381	380	375	374	372	372	360	307

Als Mittelwert der in dem Intervalle 6—15 cm gefundenen Werte ergibt sich hieraus $m_1\, m_2 = 371$.

Unter der Voraussetzung, daß die beiden Pole m_1 und m_2 gleich stark sind, folgt hieraus $m = \sqrt{371} = 19{,}3$ M. E. Will man diese Voraussetzung nicht machen, so muß man außer den beiden schon benutzten Nadeln noch eine dritte mit der Polstärke m_3 zu Hilfe nehmen. Dann bestimmt man in derselben Weise wie vorhin noch $m_1 . m_3$ und $m_2 . m_3$. Sind die für die drei Produkte erhaltenen Werte $m_1\, m_2 = a$, $m_1\, m_3 = b$, $m_2\, m_3 = c$, so findet man sofort durch Multiplikation der beiden ersten Werte und Division durch den dritten $m_1 = \sqrt{\frac{a\,b}{c}}$. Ebenso ist $m_2 = \sqrt{\frac{a\,c}{b}}$ und $m_3 = \sqrt{\frac{b\,c}{a}}$. Bei drei in übereinstimmender Weise magnetisierten Stricknadeln ergaben sich die Werte $m_1 = 18{,}4$, $m_2 = 20{,}1$, $m_3 = 19{,}2$.

Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus. Hat man nach der vorher angegebenen Methode die Polstärke eines Magnetstabes bestimmt, so ist die Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus nach folgendem Verfahren leicht auszuführen. Fig. 2 zeigt die ganze Versuchsanordnung. Man braucht dazu folgende drei Versuchsbestandteile: Einen Spiegel B, auf dem eine Reihe von parallelen Linien gezogen sind, die die Richtung des magnetischen Meridians angeben, ferner ist in der Nähe der einen Längskante des Spiegels eine gerade Linie senkrecht zu der Meridianrichtung gezogen, und endlich ist in der Nähe einer dazu senkrechten Längskante, also in der Richtung des magnetischen Meridians eine Millimeterteilung C angebracht, die ihren Nullpunkt auf der vorigen Geraden hat. Die angegebenen Linien werden am besten auf der Belegseite des Spiegels eingeritzt und mit weißer Farbe bestrichen. Die Millimeterteilung ist ein Streifen Millimeterpapier, das unter einen von der Belegung des Spiegels befreiten Streifen untergelegt ist. Der Spiegel ist zum Schutze mit einem Stück dicker Pappe hinterklebt. Der zweite Bestandteil A der Versuchsanordnung ist eine auf einer niedrigen Spitze mittels Glas-

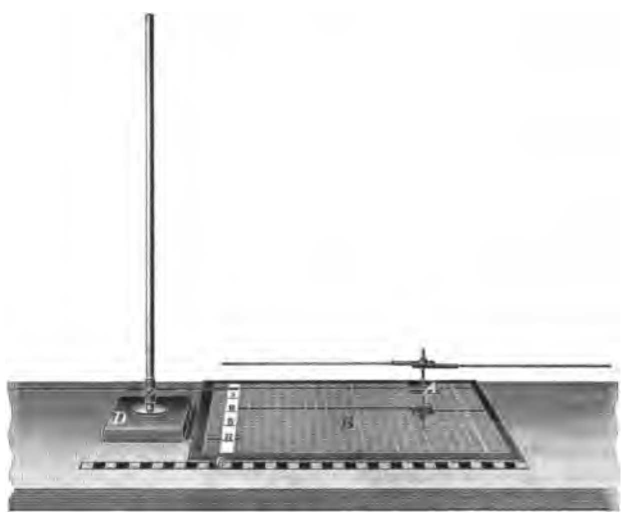


Fig. 2.

hütchens aufgesetzte messingene Doppelhülse. In dem einen Teile der Hülse wird eine magnetisierte Stricknadel (deren Polstärke übrigens nicht bekannt zu sein braucht, wenn man auch passend eine der vorhin benutzten Stricknadeln hierzu verwendet) so weit hineingesteckt, daß der eine Pol unmittelbar neben dem Glashütchen der Hülse sitzt. In den anderen Teil der Hülse wird zur Erzeugung des Gleichgewichts ein ebenso schwerer Messingdraht (man kann auch das Reiterlineal aus der Polwage nehmen) so weit hineingesteckt, daß die Hülse frei auf der Spitze drehbar ist, und daß die Stricknadel horizontal schwebt. Der dritte Teil der Versuchsanordnung ist das schon vorhin benutzte Stativ D mit der einen Stricknadel, deren Polstärke nach dem vorhin angegebenen Verfahren möglichst genau bestimmt sein muß. Die Stativhülse wird soweit nach unten geschoben, daß die Stricknadel in derselben Höhe liegt, wie die auf der Spitze schwebende.

Man stellt die auf der Spitze schwebende Stricknadel mit dem Nadelstativ A so auf den auf dem Tische liegenden Spiegel B, daß die Stricknadel gerade über der senkrecht zu den magnetischen Meridianlinien liegenden Linie so schwebt, daß der freie, also nicht am Hütchen liegende Pol genau über dem Nullpunkt der Teilung ist. Dann dreht man den Spiegel mit der auf ihm stehenden Nadel auf dem Tische, bis die frei schwebende Nadel genau mit einer der Meridianlinien zusammenfällt. Darauf bringt man die Nadel durch die im Stativ D befindliche Nadel mit ihrem gleichnamigen Pol aus der bisherigen Gleichgewichtslage und lenkt sie um 90° ab, d. h. so weit, daß ihr freier Pol über dem Nullpunkte der Millimeterteilung C ruht. Endlich liest man die Entfernung des ablenkenden Poles an der Millimeterteilung C ab. Der Spiegel gestattet, die Ablesung ohne Parallaxe vorzunehmen.

Ist die Polstärke der ablenkenden Stricknadel m_1, die der abgelenkten Nadel m_2, und ist die auf dem Maßstabe abgelesene Entfernung der beiden Pole r, so beträgt die abstoßende Kraft $K_1 = \frac{m_1 m_2}{r^2}$. Andrerseits wird der freie Pol m_2 der drehbaren Nadel durch das erdmagnetische Feld, dessen Horizontalintensität H beträgt, in entgegengesetzter Richtung gezogen mit der Kraft $K_2 = m_2 . H$. Da die beiden Kräfte K_1 und K_2 gleich sind, so folgt hieraus

$$m_2 H = \frac{m_1 m_2}{r^2}, \text{ also } H = \frac{m_1}{r^2}.$$

Die Polstärke m_2 der abgelenkten Nadel braucht demnach nicht bekannt zu sein.

Die Bestimmung von H ist überaus einfach, wenn man m_1 kennt. Die Wirkung des Erdmagnetismus auf den zweiten Pol der drehbaren Nadel kommt gar nicht in Betracht, weil derselbe unmittelbar neben der Nadelachse liegt. Aus diesem Grunde tritt auch hier nicht das magnetische Moment, sondern nur die Polstärke des einen Poles in die Rechnung ein.

Da der Zeitaufwand für die Bestimmung der Horizontalintensität so gering ist, so ist es leicht, innerhalb einer Stunde die Bestimmung an verschiedenen Stellen des Zimmers oder des Schulgebäudes oder bei windstillem Wetter im Freien vorzunehmen.

Hierbei habe ich die Beobachtung gemacht, daß an verschiedenen Stellen des Zimmers die Horizontalintensität außerordentlich verschieden ist. Außerdem stellte sie sich in unserem Schulhause, das starke eiserne Trägerkonstruktion hat, stets als zu klein heraus. Besonders in unseren Physikräumen, die über der Turnhalle liegen, und deren Fußbodenkonstruktion aus besonders starken Eisenträgern besteht, die an einigen Stellen noch durch eiserne Säulen gestützt sind, hatte sie einen auffallend niedrigen Wert; sie ging bis zu 0,06 herunter. Wenn ich auch früher schon nach dem

Gaussschen Verfahren wiederholt Bestimmungen gemacht habe oder durch die Schüler habe machen lassen, die auffallend niedrige Werte lieferten, so bin ich doch jetzt erst wegen der einfachen Versuchsanordnung im stande, einen Überblick über die ganze Intensitätsverteilung zu gewinnen. Daß die auffallenden Abweichungen von dem wahren Wert nicht auf die Methode zu schieben sind, was ich anfänglich vermutete, ergibt sich daraus, daß die im Freien gemachten Beobachtungen alle genau mit dem für Hamburg angegebenen Mittelwerte von 0,188 übereinstimmen, und daß auch die Kontrolle der Beobachtungen an einzelnen Punkten im Innern des Hauses durch Beobachtungen nach dem Gaussschen Verfahren die Richtigkeit der gefundenen Werte ergab.

Es ist vielleicht nicht überflüssig, anzugeben, daß bei der Bestimmung der Horizontalintensität gerade diejenigen Entfernungen der beiden abstoßenden Pole zur Beobachtung gelangen, für die die Übereinstimmung mit dem Coulombschen Gesetze vollständig ist. Es war, um nur zwei Beispiele anzuführen, die Polstärke $m_1 = 19,2$ M. E. und die Entfernung $r = 11,3$ cm. Hieraus folgt für H an dem betrachteten Punkte $H = \frac{19,2}{11,3^2} = 0,15.$

An einem Punkte auf einem in der Nähe des Schulhauses liegenden freien Spielplatze wurde mit derselben Nadel $m_1 = 19,2$ M. E. die Entfernung 10,1 cm bestimmt. Hieraus folgt

$$H = \frac{19,2}{10,1^2} = 0,188.$$

Zum Schlusse bemerke ich noch, daß dieselbe Polwage auch geeignet ist zur absoluten Messung elektrostatischer Potentiale, wenn man statt der magnetisierten Stricknadeln dünne Glasstäbchen anwendet, an deren Enden leichte Kugeln angebracht sind, die, elektrisch geladen, einander mit einer Kraft abstoßen, die ebenfalls durch die auf das Reiterlineal gesetzten Reiterchen gemessen werden kann. Auf diese Versuche denke ich in einem späteren Aufsatze noch einmal näher zurückzukommen.

Physikalische Aufgaben[1]).

8. In den umstehenden Figuren 1 bis 8 sind Schaltungsskizzen zum Nachweis des Jouleschen Gesetzes angegeben. In den vier ersten Figuren bedeuten 2 *V* (Volt) und 4 *V* einen bezw. zwei Akkumulatoren, die so groß sind, daß man ihren inneren Widerstand vernachlässigen kann. 1 Ω und $^1/_2\,\Omega$ sind Eisendrähte von ca. 200 mm Länge und 0,3 mm Dicke, von denen entweder einer allein oder zwei parallel geschaltet im Stromkreise liegen. In den vier letzten Figuren bedeutet *D* eine Dynamomaschine von 110 Volt Spannung (Netzstrom). Der Strom der Dynamomaschine ist durch eine bezw. zwei parallel geschaltete Glühlampen von (angenommen) 220 Ω Widerstand auf die Stromstärke von (rund) $^1/_2$ bezw. 1 Ampère gebracht. Alle Zuleitungen sind als widerstandslos angenommen. Die vertikal gezeichneten Eisendrähte verlaufen innerhalb eines Kalorimeters[2]), damit die in diesen Drähten entwickelte Stromwärme gemessen werden kann.

[1]) *Anm. d. Red.* Die in Jahrg. XV Heft 6 d. Zeitschr. von Herrn Grimsehl mitgeteilten Versuche haben zu einem Meinungsaustausch zwischen dem Verfasser und Herrn B. Kolbe geführt, da gewisse von Herrn B. Kolbe mit dem Differential-Thermoskop angestellte Versuche denen des Herrn Grimsehl zu widersprechen schienen. Die oben zusammengestellten schematischen Figuren geben eine Übersicht über die verschiedenen Schaltungsmöglichkeiten.

[2]) Man kann zum Messen auch die von Looser und Kolbe angegebenen Anordnungen mit dem Thermoskop benutzen (d. Ztschr. VIII, 300; XI, 109; XV, 341).

Versuchsresultate: Die entwickelte Stromwärme Q beträgt, wenn der Stromschluß jedesmal dieselbe Zeit hindurch erfolgt (die Indizes beziehen sich auf die Figurennummern):

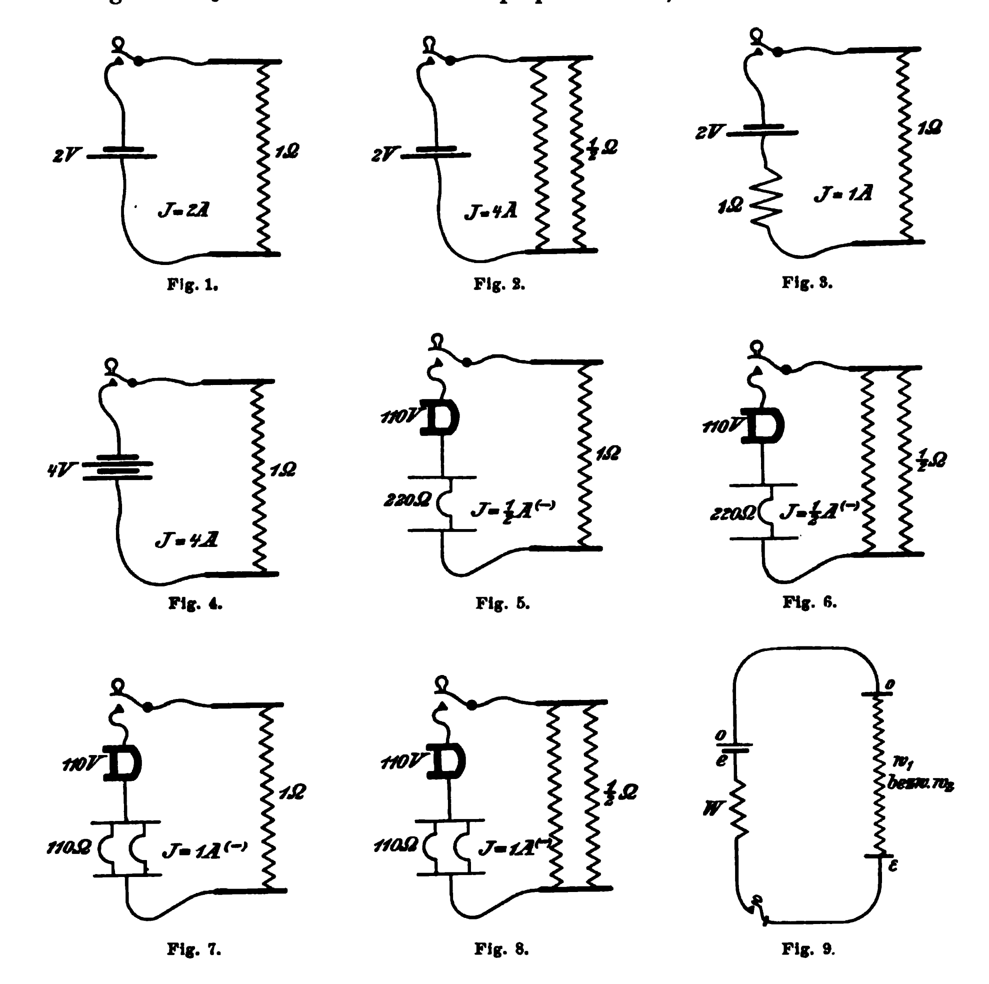
1. $\left.\begin{array}{l} Q_1 : Q_2 = 1:2 \\ Q_3 : Q_1 = 1:4 \end{array}\right\}$ trotzdem sich in beiden Fällen die Stromstärken wie 1 : 2 verhalten.

2. $Q_3 : Q_4 = 1:2$, trotzdem die Stromstärken gleich sind.

3. $Q_5 : Q_6 = 2:1$, also umgekehrt wie bei den Versuchsanordnungen Fig. 1 und Fig. 2, obgleich die Versuchsanordnungen sich nur dadurch von den ersten beiden unterscheiden, daß als Stromquelle statt des Akkumulators der durch eine vorgeschaltete Glühlampe regulierte Netzstrom verwandt ist.

4. $\left.\begin{array}{l} Q_5 : Q_7 = 1:4 \\ Q_6 : Q_8 = 1:2 \end{array}\right\}$ trotzdem in beiden Fällen die zweite Stromstärke doppelt so groß ist wie die erste.

Wie sind die scheinbaren Widersprüche gegen das Gesetz, daß die entwickelte Wärmemenge dem Quadrate der Stromstärke proportional ist, zu lösen?



Auflösung: Man berechne in jedem Falle die an den Enden des Meßdrahtes herrschende Spannung E, so ergibt sich $E_1 = 2\ V$ (Volt), $E_2 = 2\ V$, $E_3 = 1\ V$, $E_4 = 4\ V$, $E_5 = \frac{1}{2}\ V$ (nahezu), $E_6 = \frac{1}{4}\ V$ (nahezu), $E_7 = 1\ V$ (nahezu), $E_8 = \frac{1}{2}\ V$ (nahezu). Die letzten vier Werte ergeben sich aus dem Spannungsabfall längs der ganzen von der Dynamomaschine ausgehenden Leitung, die ersten vier daraus, daß wegen des zu vernachlässigenden Widerstandes des Akkumulators und der Zuleitungen die ganze Klemmenspannung an den Enden des Meßdrahtes auftritt, jedoch bei Fig. 3 nur in der Größe von 1 V wegen des Vorschalt-

widerstandes von 1 Ω. Dann ergibt sich als Ausdruck für die Stromleistung Q in allen acht Fällen der Wert $J \cdot E$. Er beträgt, ausgedrückt in Watt:

$$Q_1 = 4,\ Q_2 = 8,\ Q_3 = 1,\ Q_4 = 16,\ Q_5 = {}^1/_4,\ Q_6 = {}^1/_8,\ Q_7 = 1,\ Q_8 = {}^1/_2.$$

Da nun die in gleichen Zeiten entwickelte Stromwärme der in Watt ausgedrückten Stromleistung, also auch der Stromenergie $(E \cdot J \cdot t)$ proportional ist, so ergeben sich die auf den ersten Augenblick auffallenden Resultate.

Man kommt auch zur richtigen Erklärung, wenn man die Stromleistung durch das Produkt $i^2 w$, wo w den Widerstand des Leiters bedeutet, berechnet. Jedenfalls lehren die Beispiele, daß man beim Nachweise des Jouleschen Gesetzes nicht nur auf die Stromstärke, sondern auch auf die Spannung, bezw. auf den Widerstand des gesamten Schließungskreises Rücksicht zu nehmen hat.

Ist der Widerstand der gesamten Stromzuleitung sehr groß, so ist die Menge der in einem Draht erzeugten Wärme seiner Länge proportional; ist dagegen jener Widerstand verschwindend klein, so wird die erzeugte Wärmemenge der Länge des Drahtes umgekehrt proportional sein. *E. Grimsehl.*

9. Aufgabe: In den Stromkreis eines Akkumulators, dessen innerer Widerstand so klein ist, daß er vernachlässigt werden kann, ist ein Hitzdraht mit dem Widerstande w_1 und ein Vorschaltwiderstand W eingeschaltet. Wie groß muß der Vorschaltwiderstand W gewählt werden, damit die durch den elektrischen Strom in dem Hitzdrahte in einer Sekunde erzeugte Wärmemenge ungeändert bleibt, wenn man den Widerstand des Hitzdrahtes so verändert, daß er die Größe w_2 erhält? (Fig. 9).

Auflösung: Damit die in dem Hitzdrahte erzeugte Wärmemenge unverändert bleibt, muß in beiden Fällen die durch das Produkt $i \cdot \varepsilon \cdot t$ bestimmte Stromenergie dieselbe bleiben, wo i die Stromstärke, ε die an den Enden des Hitzdrahtes herrschende Spannungsdifferenz und t die Zeit bedeutet. Da die Zeit in beiden Fällen dieselbe ist, heißt die Bedingungsgleichung für die Aufgabe

$$i_1 \cdot \varepsilon_1 = i_2 \cdot \varepsilon_2 .$$

Nun ist, wenn e die Spannungsdifferenz an den Klemmen des Akkumulators bedeutet,

$$i_1 = \frac{e}{W + w_1} \qquad i_2 = \frac{e}{W + w_2}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{e \cdot w_1}{W + w_1} \qquad \varepsilon_2 = \frac{e \cdot w_2}{W + w_2} .$$

Setzt man diese Werte in die obige Bedingungsgleichung ein, und läßt man den gemeinsamen Faktor e^2 fort, so folgt

$$\frac{w_1}{(W + w_1)^2} = \frac{w_2}{(W + w_2)^2}$$

oder

$$\frac{W + w_1}{W + w_2} = \frac{\sqrt{w_1}}{\sqrt{w_2}} .$$

Hieraus folgt durch Auflösen der Gleichung für W

$$W = \frac{w_1}{2}\left(1 + \frac{\sqrt{w_2}}{\sqrt{w_1}}\right)^2 .$$

Beispiel: $w_1 = 1\,\Omega$, $w_2 = 2\,\Omega$. $W = {}^1/_2 (1 + \sqrt{2})^2 = 2{,}919\,\Omega$.

Frage: Setzt man in die Endgleichung für W den Wert $w_2 = 0$ ein, so ergibt sich $W = \frac{w_1}{2}$. Das würde also heißen, daß die in einem Leiter w_1 erzeugte Stromwärme, unter der Voraussetzung, daß der Widerstand im übrigen Schließungskreise den Wert $\frac{w_1}{2}$ hat, ebenso groß ist, als wenn der Widerstand unendlich klein wäre. Nun ist aber die Stromwärme in einem unendlich kleinen Widerstande stets gleich Null, also könnte man hieraus schließen, daß auch in dem Widerstand w_1 die Stromwärme gleich Null wäre. Wo liegt der Fehler dieser Schlußfolgerung?

Antwort: Die Gleichung

$$\frac{W + w_1}{W + w_2} = \frac{\sqrt{w_1}}{\sqrt{w_2}}$$

hat nur dann Gültigkeit, wenn keiner der beiden Nenner Null wird. *E. Grimsehl.*

10. Die von Herrn Fuchs ausgeführten Bemerkungen (d. Zeitschr. XVI, 86) beanstanden meine (d. Zeitschr. XV, 216) für die Steighöhe der Kugeln in der „Kugelschwebe" entwickelte Formel und die daraus gezogenen Schlußfolgerungen. Meine Formel war entwickelt „unter der besonderen Voraussetzung, daß sie (die Kugeln) gleich groß sind". Dieser einfachste Fall konnte bei meiner Ableitung nur in Frage kommen, da sich die Ableitung gegen die Notiz in Frick-Lehmanns Physikalischer Technik § 282, 10 wendet, wo ausdrücklich steht, daß „einige gleich große, aber verschieden schwere Kugeln eingebracht" werden. Aus diesem Grunde ist die Ansicht von Herrn Fuchs, meine Formel sei „unvollständig" entwickelt, nicht zutreffend. Daß sich an die Betrachtung der Kugelschwebe noch andere Überlegungen anknüpfen lassen unter Voraussetzung anderer Bedingungen, ist selbstverständlich.

Ferner erscheint es doch wohl gesucht, wenn man bei Berechnung der Steighöhe einer Kugel an die Gipfelpunkte denkt. Die allgemein übliche Sprachweise ist die, daß man den Mittelpunkt der Kugel als den Punkt ansieht, der die Kugel vertritt, wenn nicht ausdrücklich etwas anderes gesagt ist.

Durch die obigen Auseinandersetzungen erledigt sich auch der letzte Einwand von Herrn Fuchs, wonach ich „unrecht" haben soll, wenn ich die Gültigkeit meiner Formel auf Kugeln gleicher Größe beschränke. Übrigens ist zu bemerken, daß die Mittelpunkte der Kugeln von verschiedenem Radius bis zu gleicher Höhe steigen, daß aber die Strecke, um welche die Kugeln steigen, also die eigentliche Steighöhe, d. h. die Höhe von der Ruhelage der Kugeln aus gemessen, für verschieden große Kugeln tatsächlich verschieden groß ist, da die Ruhelage für verschieden große Kugeln verschieden hoch ist. Das geht auch sehr einfach aus der von Herrn Weinhold (d. Zeitschr. XV, 349) entwickelten Formel hervor, wenn man in dieser Formel für die Steighöhe $h = r - \frac{g t^2}{4 \pi^2}$ statt des Radius r (Krümmungsradius) den Wert $R - \varrho$ einführt, wo R den Krümmungsradius der Schale und ϱ den Radius der Kugel bedeutet. *E. Grimsehl, Hamburg.*

11. Um die Höhe der senkrecht aufsteigenden Wand eines Eisberges zu messen, feuert man einen Schuß ab, dessen Echo nach 4,6 Sekunden gehört wird, und mißt mit dem Sextanten den Winkel, unter dem die Höhe der Wand erscheint; er beträgt 2° 30′. Wie hoch ragt die Wand empor? (Schallgeschwindigkeit 340 m.) Nach Chun, Aus den Tiefen des Weltmeeres S. 188. *A. Schmidt.*

Kleine Mitteilungen.

Kleine Beiträge zur Mechanik.

Von **Karl Fuchs** in Preßburg.

1. Eine falsche Ablesevorrichtung. An Apparaten zur Demonstration der Ausdehnung durch Wärme findet man gewöhnlich einen Fühlhebel mit einem kurzen und einem langen Schenkel, und der Ausschlag wird an einer kreisförmigen Skala II abgelesen (Fig. 1). Das ist falsch. Aus den ähnlichen rechtwinkligen Dreiecken Cab und CAB ersieht man sofort, daß die Ablesung an einer geraden Skala I erfolgen muß.

Ich würde vorschlagen, bei solchen Fühlhebeln eine Klotzvorlage P mit einer Schneide bei a zu verwenden, an der der kürzere Schenkel gleitet; der Apparat hat dann einen konstanten Vervielfältigungskoeffizienten $\gamma = cA : ca$.

2. Ein Streckenmultiplikator. Sehr kleine Verschiebungen macht man gewöhnlich mittels eines Fühlhebels oder eines Poggendorffschen Spiegels für das Auge weithin sichtbar. Oft empfiehlt sich ein Apparat von folgender Einrichtung (Fig. 2):

Über einen Metallteller T ist ein Pergamentpapier oder ein Kautschukhäutchen gespannt, und an dieser elastischen Lamelle klebt die Metallscheibe D in ihrer ganzen Ausdehnung, sodaß zwischen D und T ein geschlossener Zwischenraum von etwa 1 mm Weite entsteht. An den Teller T schließt sich ein Glasrohr R mit einem Tropfen t, sowie ein Regulierstiefel B.

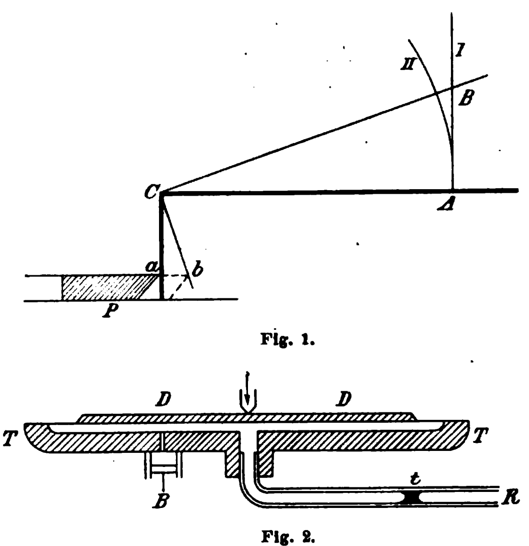


Fig. 1.

Wenn D einen Flächeninhalt von 40 qcm hat (was sehr wenig ist), und R hat ein Lumen von 4 qmm, dann hat eine Senkung ε der Scheibe D eine Verschiebung 100 ε des Tropfens zur Folge.

Weit genauer wirkt der Apparat, wenn im geschlossenen Raum nicht Luft, sondern eine Flüssigkeit sich befindet, sodaß t das Fadenende ist; der Apparat ist um so empfindlicher, je größer der Teller T ist.

Wenn genügend große Kräfte vorhanden sind, dann konstruiert man D als Kolben in einem Stiefel und hat dann einen Apparat, der als Meßinstrument dienen kann.

Fig. 2.

3. Die Kugelschwebe. Die Kugelschwebe kommt meines Wissens in zwei Formen vor: als halbkreisförmige Rinne und als halbkugelige Schale. In beiden Fällen soll die Führung eine eingelegte Kugel in konstantem Abstand von einem in der vertikalen Drehungsachse liegenden Punkte (den Krümmungsmittelpunkt der Rinne resp. Schale) erhalten. Dieser Zweck wird aber in durchaus ungenügender Weise erreicht.

Besser und instruktiver ist der folgende Apparat (Fig. 3). An einer vertikalen Achse, die aber nicht schwanken darf, steckt eine horizontale Querstange, an der drei Pendel von verschiedener Länge hängen. Wenn man die Achse immer schneller dreht, dann hebt sich erst das längste (I), dann das zweite (II), endlich das dritte Pendel (III) u. s. w., sodaß die gehobenen Kugeln immer in derselben Ebene kreisen. Für die Tiefe h der kreisenden Kugel unter dem Aufhängepunkt gilt namentlich die Formel $h = g/w^2$, wo w die Winkelgeschwindigkeit ist. h ist also nicht nur von der Masse, sondern auch von der Länge des Pendels unabhängig. Das ist eine der hübschesten Eigenschaften des Wattschen Pendels.

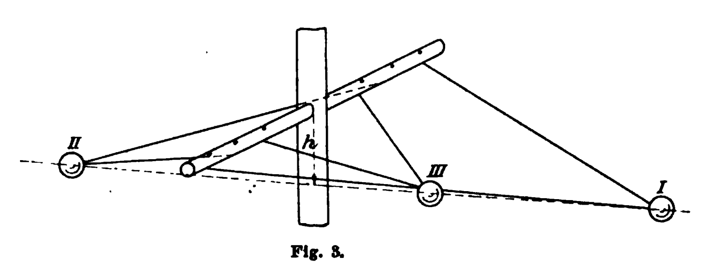


Fig. 3.

4. Versinnlichung des Potentials. 1. Eine Zentralkraft K wirke auf die Masse m dem Abstand proportional anziehend: $K = a\,m\,r$. Wenn man also die Masse m aus dem Mittelpunkt C in den Abstand r bringt, dann leistet man die Arbeit $\frac{1}{2}\,a\,m\,r^2$. Wir nehmen nun eine parabolische Schüssel (wie sie der Drechsler herstellen kann) mit der erzeugenden Kurve (I, Fig. 4) $y = \frac{1}{2}\,p\,r^2$. Wenn wir eine kleine Kugel von der Masse m aus dem Mittelpunkt C in den Horizontalabstand r bringen, dann leisten wir gegen die Schwerkraft die Arbeit $g\,m\,y = \frac{1}{2}\,g\,m\,p\,r^2$. Die Kugel wird also von einer horizontalen Zentralkraft $a\,m\,r$ angegriffen, wobei $a = g\,p$ ist, und wenn die Kugel einen tangentialen

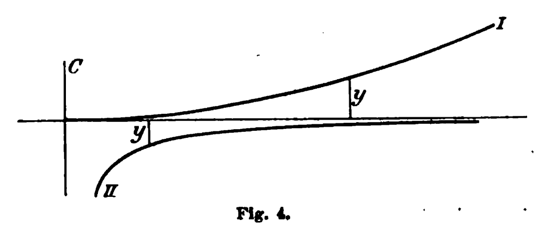


Fig. 4.

Stoß erhält, dann rollt sie in der Schüssel (angenähert) in einer Ellipse, deren Mittelpunkt C ist.

2. Eine Zentralkraft K wirke auf die Masse m dem Quadrat des Abstandes umgekehrt proportional anziehend: $K = am/r^2$. Wenn man also die Masse m aus unendlicher Entfernung in den Abstand r bringt, dann leistet die Kraft die Arbeit am/r. Wir nehmen nun eine hyperbolische Schüssel mit der erzeugenden Kurve (II): $y = p/r$. Wenn wir in der Schüssel eine kleine Kugel von der Masse m aus unendlicher Entfernung in den Abstand r bringen, dann leistet die Schwere die Arbeit $mgy = mgp/r$. Die Kugel wird also von einer horizontalen Zentralkraft am/r^2 angegriffen, wobei $a = gp$ ist, und wenn die Kugel einen tangentialen Stoß erhält, dann rollt sie in der Schüssel (angenähert) in einer Ellipse, deren Brennpunkt C ist.

5. Ein Vertikal-Planetarium. Es soll ein Planetarium beschrieben werden, dessen Ebene vertikal steht, und dessen Mechanismus verdeckt ist (Fig. 5 und 6).

Jede Planetenbahn wird durch einen innen gezähnten Blechring $a_1 a_2 \ldots$ dargestellt, und jeder Ring hängt an einer Zahntrommel $b_1 b_2 \ldots$, die an einer Achse c_1 resp. $c_2 \ldots$ steckt. Die Zahntrommeln sind miteinander mittels doppelter Zahnübersetzung, also vermittels Zwischenachsen $c_{12}\, c_{23} \ldots$ verbunden. Wir haben dann soviel Radien $(r_1 r_2 r_3 r_4)$ zur Verfügung, daß das gewünschte Verhältnis der Umlaufsseiten sehr genau hergestellt werden kann.

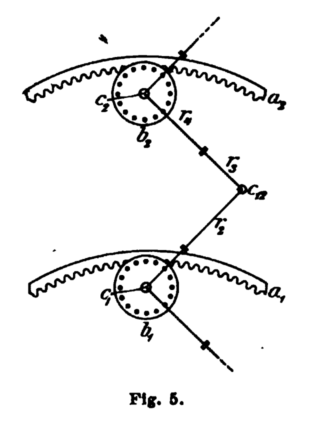


Fig. 5.

Die Blechringe $a_1 a_2 \ldots$ sind Flanschen an den Blechreifen $k_1 k_2 \ldots$, und diese Reifen treten durch Ringspalten der weißen Tafel T vor und stellen dem Auge die kreisförmigen Planetenbahnen dar; wie dick das Blech, so dick der (scheinbare) Strich. An jedem Reifen ist vor der Tafel ein Messingknopf befestigt, der den Planeten darstellt.

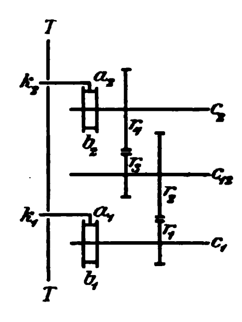


Fig. 6.

Ich habe ein solches Planetarium vor 15 Jahren aus Pappe, Kork, Glasröhrchen, Drahtstiften und Siegellack hergestellt, und es hat tadellos funktioniert.

Noniusmodelle zur Projektion.

Von Dr. **Bernoulli** in Cöln.

Die Besprechung des linearen Nonius und des Kreisnonius soll nicht nur dazu dienen, dem Schüler das Prinzip dieser bei so vielen Meßinstrumenten vorkommenden Hilfsmittel zu erklären, sondern sie soll ihn in den Stand setzen, in jedem gegebenen Falle Ablesungen am Nonius vornehmen zu können. Letzteres erreicht man mit den großen käuflichen Noniusmodellen nicht leicht, da sie zu wenig den praktisch vorkommenden Nonien ähnlich sind und der Schüler, auch wenn er an denselben Ablesungen zu machen verstanden hat, sich an den feinen Nonien der Meßinstrumente nicht mehr zurechtfindet. Wollte man bisher wirklich nützliche Übungen vornehmen lassen, so war es nötig, den Schüler an ein solches Meßinstrument (Kathetometer, Barometer, Spektrometer oder dergl.) herantreten und ablesen zu lassen und das Resultat zu kontrollieren. Viel einfacher und besser kann man solche Übungen vornehmen, wenn man die Nonien auf den Schirm projiziert. Durch diese Methode vereinigt man die Vorteile der Nonienmodelle mit denjenigen der subjektiven Ablesung.

Dem Linearnoniusmodell, wie ich es mir für den Unterricht habe konstruieren lassen, liegt die Anwendung des Nonius zu Barometerablesungen zu Grunde. In dem rechteckigen Ausschnitte des Holzrahmens, der an Stelle des Halters für Glasphotogramme vor den Kondensor des Projektionsapparates gesteckt wird, befindet sich eine Glasröhre, in der sich ein Metallstab durch eine Schraube auf und nieder bewegen läßt. Die Glasröhre entspricht dem

Barometerrohr, der Metallstab stellt das Quecksilber dar. Neben dem Rohr befindet sich die Skala. Diese ist auf eine Glasplatte aufgeätzt, die Zahlen sind so geschrieben, daß sie in der Projektion aufrecht erscheinen, und gehen von 740—770 entsprechend den in der Praxis vorkommenden Barometerständen. Eine zweite Glasplatte trägt die Noniusteilung und ist durch eine Schraube verschiebbar. Figur 1 zeigt den Apparat in $^1/_4$ nat. Größe; Figur 2 das Bild, wie es auf dem Schirme erscheint. Die Skalenstriche und Zahlen sind auch bei nicht verdunkeltem Zimmer weithin sichtbar und können von allen Plätzen des Klassenzimmers aus genau gesehen werden. —

Fig. 1.



Fig. 2.

Nachdem die Quecksilbersäule beliebig eingestellt worden ist, verschiebt man die Noniusskala durch Drehen an der betreffenden Schraube, bis der verlängerte 0-Strich die Kuppe der Quecksilbersäule tangiert. Diese Stellung läßt man sich von einem Schüler angeben. Jetzt macht ein Schüler die Ablesung, während die übrigen dieselbe kontrollieren. —

Dem Kreisnonius konnte kein so konkreter Fall, wie dem Linearnonius, zu Grunde gelegt werden. Beide Skalen sind wiederum auf Glas geätzt. Die Hauptteilung ist fest, der Nonius läßt sich durch die seitliche Schraube der Hauptteilung entlang führen. 29 Teile der Hauptteilung sind beim Nonius in 30 Teile geteilt; die Teilstriche des Nonius aber so bezeichnet, daß sie direkt Minuten bedeuten. Es läßt sich somit auf 2 Minuten



Fig. 3.



Fig. 4.

genau ablesen. Das Ganze befindet sich in einem rechteckförmigen Holzrahmen, der sich an Stelle des Halters für Glasphotogramme vor dem Kondensor einklemmen läßt. Fig. 3 zeigt den Apparat in $^1/_4$ nat. Größe; Figur 4 das Projektionsbild. Das Modell des Kreisnonius sowohl wie dasjenige des Linearnonius — und zwar des vorlaufenden wie des nachlaufenden — haben mir E. Leybold's Nachfolger in Cöln in solider und exakter Ausführung geliefert. —

Einfacher Plattenerreger für die Hertz-Lecherschen Versuche.

Von **W. Biegon von Czudnochowski** in Berlin.

Die nachstehend beschriebene Vorrichtung gestattet die Versuche mit elektrischen Wellen in Drähten in einfacher und bequemer Weise anzustellen und ist 1. recht handlich, 2. mit einfachen Mitteln, daher billig herstellbar, und besitzt 3. für sich allein ziemliche Standfestigkeit, um besondere Befestigungen entbehrlich zu machen. Die Vorrichtung ist in nebenstehender Figur dargestellt; auf einem rechteckigen Brette *a* ist eine Leiste *b* mittlings befestigt, gegen deren Enden sich die aufrechten quadratischen Platten *c c* lehnen, welche

zur Befestigung mittels Holzschrauben einen mit zwei Löchern versehenen Ansatz *d d* besitzen. Der Apparat ist in zwei Größen ausgeführt worden, deren wichtige Abmessungen folgende sind:

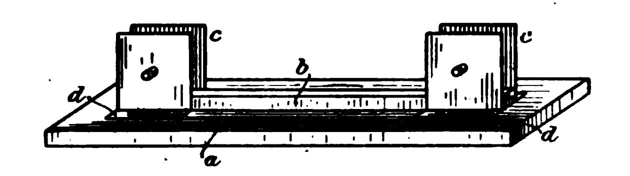
Kleines Modell: Plattengröße (*c*) 100 × 100 mm, Plattenabstand 25 mm, Abstand der Plattenpaare 300 mm, Grundbrett (*a*) 600 × 120 × 20 mm, Leiste (*b*) 500 × 25 × 20 mm, Ansatz (*d*) 10 mm breit.

Großes Modell: Plattengröße 250 × 250 mm, Plattenabstand 50 mm, Abstand der Plattenpaare 500 mm.

Das letztere ist für Unterrichtsversuche zu umfangreich, seine Platten sind aus Weißblech, während die des kleinen Modelles aus 1,5 mm starkem, schwarz gebranntem Messingblech bestehen. Nachstehend seien einige Versuchsergebnisse mit beiden Größen mitgeteilt.

Kleines Modell: Primärfunken, zwischen Kugeln von r = 0,5 cm, 4 mm, Funkeninduktor maximal 45 mm leistend (Spitze — Platte), ganze Länge des Drahtsystems 2600 mm, zwei Brücken bei 630 mm und 1820 mm von den Platten aus, ganze Wellenlänge rund 2400 mm, Schwingungszahl ∾ 125000000, Geißlerröhre bei 2480 mm.

Großes Modell: Primärfunken, wie oben, 3 mm; Induktorium maximal 6 cm leistend; ganze Länge des Drahtsystems 17380 mm, am freien Ende Kondensator, bestehend aus zwei im Abstande von 570 mm einander gegenüberstehenden kreisförmigen Messingscheiben von 200 mm Durchmesser, zwei Brücken bei 0 mm und 16950 mm; ganze Wellenlänge rund 33 m, Schwingungszahl rund 9090909, Geißlerröhre bei 17070 mm.



Zur Betätigung des kleines Modelles genügt schon ein Induktor von nur 22 ÷ 25 mm Schlagweite. Bei einem anderen Versuche mit demselben Modell wurde nur eine Brücke verwendet und es ergaben sich hierbei Knotenpunkte bei 365, 505, 645 und 785 mm entsprechend einer Wellenlänge von 280 mm (Schwingungszahl rund 1071000000) bei einer Genauigkeit der Brückeneinstellung von ± 1 cm.

Der Apparat gestattet die ganze Anordnung für die Hertz-Lecherschen Versuche übersichtlich unter Benutzung abgepaßter Drähte auf dem Experimentiertisch aufzubauen.

Ein einfaches Hochspannungsvoltmeter für Versuche mit Induktorien.

Von **W. Biegon von Czudnochowski** in Berlin.

Während die Zahl, auch einfacherer, Spannungsmesserkonstruktionen für große Empfindlichkeit verhältnismäßig groß ist, sind solche für sehr hohe Spannungen noch nicht sehr verbreitet, die vorhandenen außerdem immer noch recht teuer und, was diejenigen mit Spiegelablesung anbetrifft, auch recht umständlich in der Handhabung. Das alte Henleysche sog. „Quadranten“-Elektrometer ist nur ein sehr unvollkommener Ersatz und nicht gut eichbar, es beweist aber, wie schon früh sich das Bedürfnis nach derartigen Instrumenten gezeigt hat, und ebenso ist beim Arbeiten mit Induktorien das Vorhandensein einer Vorrichtung erwünscht, welche in bequemer Weise einen Schluß auf die vorhandene Spannung zu machen gestattet. Das nachstehend beschriebene „Voltmeter“ ist im Grunde dem Braunschen Instrument sehr ähnlich, zeichnet sich aber durch seine leichte Herstellbarkeit aus und soll für höhere Spannungen dienen als dieses — nach M. Kohl, Preisliste 12, T. 2 bis 10000 Volt lieferbare.

Von einer Blechbüchse *a* (Fig. 1) von rechteckigem Querschnitt (für Zwecke der Selbstherstellung genügt z. B. eine solche von engl. Senf ohne Firmenpressung) etwa 50 × 70 × 100 mm, wird auf der einen der größeren Seitenwände, beginnend vom oberen Rande, ein Stück, 60 × 45 mm, herausgeschnitten und der Ausschnitt mit einer bis zum Boden gehenden Spiegelglasplatte *b* (z. B. einer von der Schicht befreiten photogr. Trockenplatte) verschlossen. In den Deckel *c* wird zentrisch ein nur 5 mm hohes Stück Messingrohr *d* von 20 ÷ 25 mm Innendurchmesser eingelötet, und zwar so, daß der größere

Teil nach oben herausragt; diese Messinghülse dient zur Aufnahme eines gut passenden Hartgummistopfens *e* mit vorspringendem Rande *f*, in den ein dickwandiges Hartgummirohr *g* von 80 mm Länge eingesetzt ist. Letzteres umschließt seinerseits einen 4 mm dicken, oben mit Kugelklemme *h* versehenen Messingdraht *i*, dessen unten aus dem Rohr hervorragendes Ende *k* von 30 mm Länge zweiseitig abgeflacht ist. Unmittelbar unter dem Ende des Hartgummirohres sind an feinem Draht möglichst leicht beweglich die „Blättchen“ *l*, geschnitten aus ∾ 0,1 mm dickem Kupferblech, angebracht. An der Rückwand wird ein zweckmäßig ebenfalls die ganze Wand bedeckender Spiegel *m* befestigt, auf den eine geeignete Kreisskala *n* aufgeklebt ist. — [Für kleinere Induktorien kann man die Isolierung auch in der Weise ausführen, daß man in der Deckelmitte mehrere sternförmige Schnitte einstemmt, die entstehenden Zacken sauber rechtwinklig nach oben umbiegt und die Spitzen bis auf einen kleinen Rest fortschneidet, dann einen guten, sorgsam in Paraffin gekochten Korken fest einpaßt und statt des Rohres *g* einen geeigneten starkwandigen schwarzen Gummischlauch nimmt; ferner genügt es zur Vermeidung einer Parallaxe beim Ablesen, die Rückwand mit sauberem glatten Stanniol zu überziehen.] — Um die Angaben des Instrumentes auf bekannte Maße zurückzuführen, benutzt man zweckmäßig eine geeignete Tabelle der Funkenpotentiale und schaltet hierzu nach Fig. 2 das Instrument *a* parallel mit einem Funkenmikrometer *b*, dessen Polkugeldurchmesser dem der Tabelle zu Grunde gelegten gleich ist, an eine zweckmäßig nicht zu kleine isoliert aufgestellte Leydener Batterie *c*, die dauernd durch ein Induktorium *d*, unter Einschaltung einer Funkenstrecke Spitze—Platte *e* (und zwar die Platte mit der inneren Belegung verbunden) geladen wird. Die direkte Verbindung von Voltmeter und Funkenmikrometer würde aus verschiedenen Gründen zu ganz abweichenden und falschen Ergebnissen führen, in diesem Falle wäre eine Tabelle, wie oben erwähnt, nicht anwendbar.

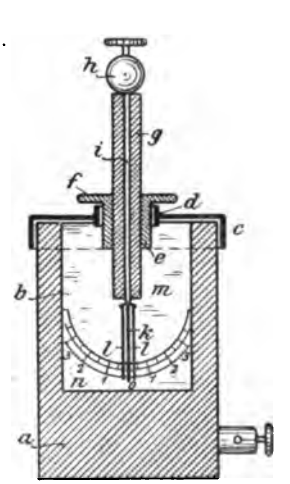


Fig. 1.

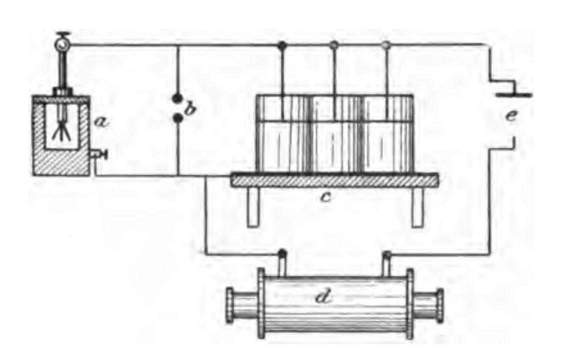


Fig. 2.

Zu beachten ist, daß, wenn für ein Induktorium die Maximalschlagweite zwischen Kugeln, z. B. von r = 0,5 cm, bekannt ist, nicht diese bei Herstellung eines Instrumentes in der angegebenen Weise zu Grunde gelegt werden darf, sondern es muß der kleinste mögliche Abstand der frei einander gegenüberstehenden entgegengesetzt geladenen Teile im Instrument gleich der maximal mit dem betr. Induktor zwischen Spitze und Platte zu erzielenden Funkenlänge sein; das Instrument läßt allerdings eine Abweichung hiervon zu, wenn die Innenwände sämtlich von einer zusammenhängenden Isolierung bedeckt werden, dadurch wird aber die Kapazität desselben wesentlich gesteigert. Besonders ist auf gute, fehlerfreie Beschaffenheit des zu verwendenden Hartgummis zu achten, da schon kleine Fehler, wie Risse, Sprünge, leicht zum Durchschlagen und dann in sehr kurzer Zeit selbst bei kleinen Induktorien zum Verschmoren der Isolation führen; letzteres tritt auch infolge Überschlagens von Funken ein. In der beschriebenen Größe eignet sich das Instrument etwa für Spannungen von 10 ÷ 50 000 Volt.

Über die Isolierfähigkeit verschiedener Körper.

Von Prof. **Adami.**

In manchen physikalischen Sammlungen findet man Goldblatt- oder Aluminiumblattelektroskope, welche zwar beim Laden eine Divergenz der Goldblatt- oder Aluminiumblattstreifen zeigen, bei welchen jedoch die Divergenz nicht anhält, sondern die Gold- oder Aluminiumblättchen sofort wieder zusammenfallen. Alle Bemühungen, ein solches Elektroskop wieder in brauchbaren Zustand zu versetzen, scheitern, weil das Material, durch welches der Träger für die Gold- oder Aluminiumblättchen geführt ist, seine Isolierfähigkeit vollständig verloren hat. Man wird daher gut tun, ein solches Elektroskop zurückzustellen und sich ein neues anzufertigen, da, wie gleich gezeigt werden soll, die Anfertigung eines neuen, vollständig brauchbaren Elektroskops weniger Zeit in Anspruch nimmt als die Wiederinstandsetzung des alten.

Es gibt Zigarrenkistchen von 120 mm Höhe, 96 mm Breite und 50 mm Tiefe. An einem solchen Kistchen entfernt man den Deckel und den Boden, sodaß man einen Rahmen von beigezeichneter Form erhält (Fig. 1). Bei *A B* schneidet man mit einem Messer in der Richtung *A B* auf beiden Seiten des oberen Brettchens ein Stäbchen von 5 mm Dicke ab, feilt bei *A C* und *B D* sowohl auf der Vorder- als auf der Rückseite Nuten von 2 mm Breite und ebensolcher Tiefe ein, in welche die gewöhnlichen photographischen Platten (Format $^9/_{12}$), ohne daß man an ihnen etwas zu ändern braucht, genau hineinpassen, und bohrt oben in den Deckel ein Loch von 15—20 mm Durchmesser. Überzieht man das Gehäuse außen und innen mit Stanniol, so erhält der Apparat noch ein sehr gefälliges Äußeres.

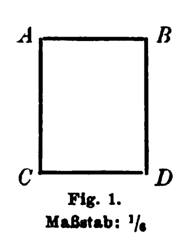


Fig. 1. Maßstab: $^1/_4$

Um nun die Isolierfähigkeit verschiedener Körper zeigen zu können, fertigt man 7 solcher Kästchen an, eine Arbeit, die auch von Schülern leicht ausgeführt werden kann.

Aluminiumrohre von 6 mm äußerem Durchmesser, 0,5 mm Wandstärke und 80 mm Länge dienen als Träger für die Aluminiumblattstreifen, die man oben an beiden Seiten des Rohres diametral anklebt. Ein Aluminiumrohr steckt man in ein Glasrohr von 3 cm Höhe festsitzend ein, ein anderes Aluminiumrohr in ein Zelluloidrohr von 3 cm Höhe und setzt nun den Glasfuß ebenso wie den Zelluloidfuß in einen rundgedrehten Holzzapfen von 35—40 mm Durchmessser und 30—40 mm Höhe. In der Mitte des Holzzylinders ist ein Loch zur Aufnahme des Fußes eingebohrt. Den Aluminiumblattträger stellt man dann in das Holzkästchen mit den Glaswänden, und der Apparat ist fertig.

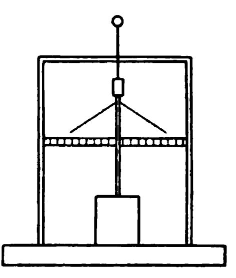
Die Ladung des Elektroskops erfolgt am besten durch das obere Loch mit einer Zamboni- oder Nernst-Säule. Will man geriebene Körper auf ihren elektrischen Zustand untersuchen, so muß oben in das Aluminiumrohr ein passendes Metallstück — Aluminium eignet sich wegen seines geringen spezifischen Gewichtes ebensogut als Magnalium — eingesetzt werden, das ungefähr 40—50 mm über das Loch herausragt und oben eine Kugel oder eine Klemmschraube trägt. Setzt man jetzt ein Aluminiumrohr mit den Aluminiumblattstreifen in ein passend gedrehtes Stück Hartgummi, ein anderes ebensolches Aluminiumrohr in Paraffin, wieder ein anderes in einen Porzellanisolator, wie dieselben zur Montierung von Doppelschnüren bei elektrischen Zimmerleitungen benutzt werden, und in welche das Aluminiumrohr genau hineinpaßt, so hat man bereits fünf Körper, die man auf ihre Isolierfähigkeit untersuchen kann.

Man findet, daß, ausgenommen von Paraffin, sämtliche Fußgestelle die Elektrizität nicht behalten — ja es gibt sogar Hartgummi- und Glassorten, die sich elektrisch fast wie Metalle verhalten, d. h. sie behalten die Elektrizität höchstens 10—15 Sekunden. Paraffin hält die Elektrizität ungefähr zwei Stunden, und bleibt die Divergenz der Aluminiumblattstreifen längere Zeit in der ursprünglichen Größe.

Will man besser isolierende Elektroskope, so muß man als Fußgestell für das Aluminiumrohr Schwefel nehmen, den man in ein Holzrohr eingießt, oder noch besser, man nimmt ein passendes Fußgestell aus Bernstein, der auf der Drehbank zylindrisch gedreht und oben mit einem Loch versehen wurde. Mit den letzten beiden Fußgestellen kann man die ursprüngliche Divergenz der Aluminiumblattstreifen über 24 Stunden aufrecht erhalten.

Um zu zeigen, daß tatsächlich das schlecht isolierende Fußgestell bei Glas, Zelluloid, Hartgummi und Porzellan die Ursache des baldigen Zusammenfallens der Aluminiumstreifen ist, legt man unter die Holzfüße und den Porzellanisolator eine dünne Schwefel- oder Bernsteinscheibe, und man wird sofort eine viel längere Dauer der Divergenz beobachten können.

Die bisher beschriebenen Elektroskope haben den Nachteil, daß das Fußgestell für das Aufhängungsrohr der Aluminiumstreifen nicht stabil ist, sodaß, wenn man die Apparate unvorsichtig aus dem Schranke herausnimmt, das Fußgestell samt den Aluminiumstreifen an die Glaswände des Gehäuses anschlägt, ohne daß jedoch letztere dadurch beschädigt werden können. Man wird dann die eine Glaswand etwas in die Höhe ziehen und durch Drehen das Fußgestell wieder in die richtige Lage bringen.

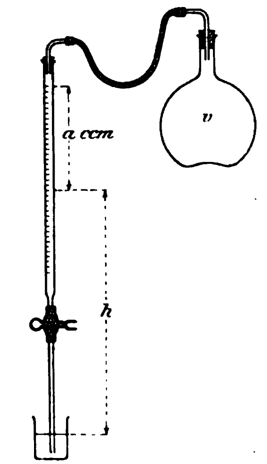

Fig. 2.

Hat man aber sich zwei Elektroskope mit Schwefel- oder Bernsteinfußgestell konstruiert, und wünscht man das Fußgestell stabil zu erhalten, so erreicht man dies leicht dadurch, daß man in den Fußboden des Zigarrenkästchens, an welchem man unten zu diesem Zweck noch den Deckel der Zigarrenkiste angeschraubt oder angeleimt hat, ein Loch von 12 mm Durchmesser bohrt und den Bernstein- oder Schwefelfuß mit einem Zapfen andreht, welcher in dem Loch mit Reibung sitzt. Figur 2 stellt das Elektroskop mit Bernsteinfußgestell dar.

Ist man im Besitze zweier Elektroskope, jedes mit Schwefel- oder jedes mit Bernsteinfußgestell, oder besitzt man ein Elektroskop mit Schwefel- und eines mit Bernsteinfußgestell, und ladet man das eine von ihnen mit dem einen Pol einer Zamboni- oder Nernst-Säule mit positiver, das andere Elektroskop durch den anderen Pol der Säule mit negativer Elektrizität, so läßt sich mit Hilfe dieser beiden Elektroskope, ohne Anwendung eines Kondensators, sogar zeigen, daß eine isoliert angefaßte Zinkplatte positiv und eine isoliert angefaßte Kupferplatte negativ elektrisch wird, wenn sie vorher zur gegenseitigen Berührung gebracht wurden. Dieses zeigt sich bei der Zinkplatte dadurch, daß das mit der positiven Elektrizität geladene Elektroskop eine Vergrößerung der Divergenz aufweist, während das mit der negativen Elektrizität geladene Elektroskop eine Vergrößerung der Divergenz bei Annäherung der Kupferplatte erkennen läßt. Dagegen gelingt dieser Nachweis nicht mit einer Eisen- und Kupferplatte, weil diese beiden Elemente in der Spannungsreihe unmittelbar aufeinander folgen und ihre Potentialdifferenz daher zu gering ist.

Versuche mit einfachen Mitteln.

17. H. Rebenstorff in Dresden: **Bestimmung des Rauminhaltes von Gefäßen.** Der Durchnahme des Mariotteschen Gesetzes kann die Anwendung zu volumetrischen Messungen angeschlossen und mit einfachen Mitteln wie folgt ausgeführt werden. Eine Bürette wird senkrecht am Universalstativ befestigt und ihr unteres Ende durch ein mit einem Schlauchstück angesetztes Rohr um etwa 30 cm verlängert (s. Fig.). An dem Schlauche bringt man einen Quetschhahn oder einen Mohrschen Glasstöpselverschluß an. Das Rohr läßt man in ein mit Wasser gefülltes Becherglas hineinreichen. Die obere Bürettenöffnung versieht man mit einem Kork, durch den ein mit einem längeren Gummischlauch versehenes rechtwinkliges Röhrchen führt. Durch Saugen füllt man die Bürette und verbindet den Schlauch mit dem Luftraume, dessen Größe zu bestimmen ist. Nach dem Ablesen des Bürettenstandes lüftet man den Quetschhahn so lange, wie das Wasserniveau zu sinken fortfährt. Um nicht das zu messende Luftvolumen durch die Nähe des Körpers zu erwärmen, trete man nach jedesmaligem Lüften von dem Apparate fort. Undichtigkeiten zeigen sich an dem unausgesetzten weiteren Sinken des Bürettenstandes. Tritt nach einiger Zeit keine Änderung mehr ein, so stellt man die der Bürette entflossene Wassermenge a, sowie die Niveaudifferenz h zwischen



dem Wasser in Bürette und Becherglas fest. Der gleichzeitig beobachtete Barometerstand multipliziert mit der Dichte des Quecksilbers sei b. Das Volumen des Gefäßes, vermehrt um den eventuell gesondert zu bestimmenden Inhalt des Schlauches nebst dem lufterfüllten Bürettenteil, sei v. Nach dem Mariotteschen Gesetze ist alsdann: $v\,b = (v + a) \,.\, (b - h)$, woraus folgt: $v = a\left(\frac{b}{h} - 1\right)$.

Während man zur Ausmessung besonders großer Gefäße das unten an die Bürette gesetzte Rohr fortläßt, wobei dann der Quetschhahn an den oberen Schlauch zu setzen ist, tut man gut, ein um so längeres Rohr an die dann über den Tischrand ragende Bürette anzufügen, je kleiner das auszumessende Volumen ist. Es möge noch erwähnt werden, daß Korke, die sich früher völlig dicht gezeigt hatten, bei erneutem Gebrauche infolge Austrocknens bisweilen Spuren von Luft durchlassen, wenn man sie nicht vorher sich mit Wasser durchfeuchten läßt.

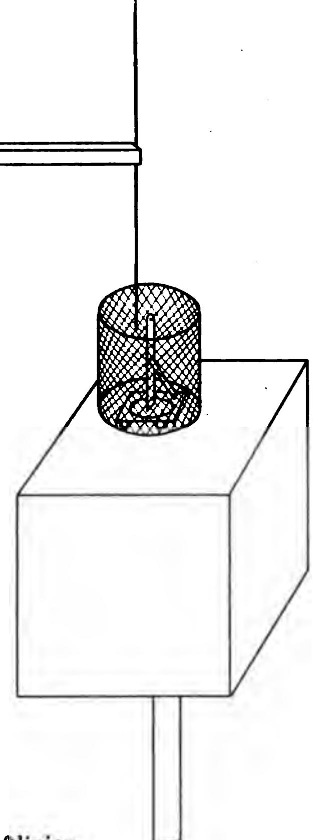
Anstatt der Bürette läßt sich auch eine größere, z. B. 50 ccm-Pipette benutzen. Diese wird unten mit einem etwa 60 cm langen Schlauch verbunden, der in einen weiten Standzylinder mit Wasser gesenkt wird (für ein zu bestimmendes Volumen von etwa 1 l). Man saugt das Wasser bis etwa 1 ccm über der Pipettenmarke empor und schließt den oben angesetzten Schlauch durch einen Quetschhahn ab. Während man im übrigen wie oben verfährt, gibt man beim Ausfließen des Wassers aus der Pipette dieser durch Verschieben in der Stativklemme eine solche Stellung, daß die Bewegung des Wassers aufhört, wenn das Niveau im Ausflußrohr der Pipette etwa 1 cm über deren Spitzenverengung steht, die man zwar nicht sehen, aber in dem Schlauche fühlen kann. Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß man in ähnlicher Weise auch einen Druck benutzen kann, der größer als der Luftdruck ist, indem man den unteren Teil der Meßröhre durch einen längeren Schlauch mit einem mit Wasser zu füllenden Trichter verbindet, den man auf ein höheres Niveau anhebt. Eine praktische Anwendung kann das Verfahren in der zuerst beschriebenen Form unter Umständen im Laboratorium finden zur Bestimmung des jeweiligen Inhalts von Gasometern.

Eine Flasche, deren Volumen unter Hinzurechnung des anschließenden Schlauches durch direkte Ausmessung gleich 1280 ccm gefunden wurde, ergab unter Benutzung des beschriebenen Verfahrens bei 4 Versuchen die Volumwerte 1316, 1333, 1329, 1325 ccm (Mittelwert 1326 ccm). Während die erlangte Genauigkeit von etwa $3\frac{1}{2}$ % für die Unterstufe genügen dürfte, kann man bei gründlicherer Behandlung des Verfahrens auf die Fehlerquelle aufmerksam machen, die deswegen den Wert zu groß finden läßt, weil eine der Zunahme des Volumens entsprechende Dampfmenge entsteht. Setzt man anstatt der Volumzunahme, die man in der Bürette mißt, diese um $\frac{d}{b}$ ihres Wertes vermindert (d ist der Dampfdruck bei der vorhandenen Temperatur) in die Gleichung ein, so erhält man einen recht genauen Wert des Volumens. Bei den erwähnten 4 Versuchen betrug der Dampfdruck 20 mm, der Luftdruck 752 mm; die Volumzunahme unter Abrechnung des Wasserdampfes war also $\frac{732}{752}$ ihres gemessenen Wertes und ergab im Mittel 1291 ccm anstatt des direkt gefundenen von 1280 ccm. Zwei Messungen, die mit konzentrierter Schwefelsäure in der Bürette ausgeführt wurden, ergaben 1285 und 1299 ccm. Hierbei war der benutzte Gummischlauch fast 1 m lang, sodaß der außen größere Druck wohl die gemessene Volumänderung und damit das Volumen selbst ein wenig zu groß finden ließ.

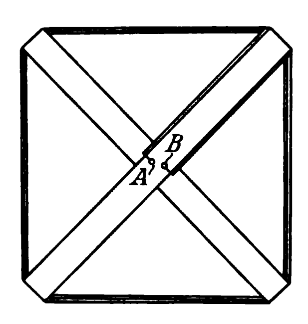
18. K. Noack in Gießen: **Versuch über Potentialänderung mit der Höhe.** Der nachstehend beschriebene Versuch bietet nichts Neues, er ist vielmehr nur eine Verpflanzung des Exner-Palmierischen Verfahrens ins Schulzimmer und kann dazu dienen, die einschlägigen Verhältnisse klar zu legen.

Auf ein Isoliertischchen wird ein großer Blechwürfel gesetzt (s. Fig.), auf diesen kommt auf isolierender Unterlage (Glimmerscheibchen mit Siegellackfüßchen) ein „Probierelektroskop“ mit Fahne von rotem Seidenpapier zu stehen; als Gehäuse dient ein Zylinder von grobmaschigem Drahtnetz, der direkt auf dem Blechwürfel steht. Wird der Würfel geladen, so zeigt

das improvisierte „Elektrometer mit geerdetem Gehäuse“ keinen Ausschlag (auch nicht, nachdem vorübergehend eine leitende Verbindung zwischen Innerem und Mantel hergestellt war). Ein starker Ausschlag tritt aber ein, wenn man mit langer „Auffangstange“ (Draht an Siegellackstange) das Innere des Elektrometers mit einem Außenpunkt verbindet; je länger die „Auffangestange“, um so stärker der Ausschlag.



19. Dr. **A. Schmidt** in Berlin-Friedenau: **Das magnetische Feld.** Um das magnetische Feld zu demonstrieren, das um den Leiter eines galvanischen Stromes herum entsteht, kann man den Leiter durch ein Blatt Papier stecken, das mit Eisenfeile bestreut wird. Hat man aber nicht einen Strom von so großer Stärke zur Verfügung, daß die Wirkung klar hervortritt, so tut der hier schematisch abgebildete Rahmen gute Dienste. Ein Holzkreuz (s. Fig.), dessen beide Arme je ca. 0,35 m lang sind, ist mit besponnenem Draht in etwa 20 Lagen bewickelt, so daß der Draht die Seiten eines Quadrates bildet, das Holzkreuz die Diagonalen. Die Drahtenden sind zu den Klemmen *A* und *B* geführt. Schiebt man ein Papierblatt über den Draht an der Mitte einer Quadratseite, so ist man von den andern Quadratseiten weit genug entfernt, um keine Spulenwirkung, sondern die eines geradlinigen Leiters zu haben. Die Fläche, auf der bei einer Stromstärke von ca. 10 Ampère die Kraftlinien sehr deutlich sind, beträgt weit über 1 qdm. Man kann, wenn man diesen Apparat benutzt, um das magnetische Feld um einen Leiter zu zeigen, etwa folgende Versuche anstellen:



1. Ein über den Draht geschobenes Papierblatt zeigt die Kraftlinien.

2. Eine Magnetnadel, die neben den Leiter gehalten wird, zeigt die Richtung der Kraftlinien (Ampèresche Regel, Daumenregel).

3. Eine sehr lange Magnetnadel wird senkrecht mit dem einen Pol so hoch aufgehängt, daß der andere Pol neben der Mitte einer Quadratseite hängt. Beim Stromschluß fliegt dieser Pol um den Leiter herum. Die Regel lautet: Blickt man in der Richtung des positiven Stromes, so sieht man das Nordende der Nadel in der Richtung des Uhrzeigers um den Leiter sich bewegen. Oder: Hält man den Daumen der linken Hand senkrecht zu dem Leiter in der Richtung, in der die Stärke des magnetischen Feldes wächst, und den senkrecht dazu gespreizten dritten Finger in der Richtung des Stromes, so zeigt der senkrecht zu beiden gespreizte Zeigefinger in der Richtung der magnetischen Kraftlinien.

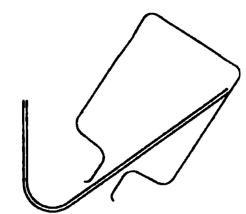
4. Die Verbindung dieser Dreifingerregel für die linke Hand mit der anderen für die rechte, bei der die Richtung des induzierten Stromes gefunden wird, gibt dann ein Mittel, um bei vielen Fällen von Induktion und Selbstinduktion die Stromwirkungen zu erkennen.

Für die Praxis.

Billige Projektionsplatten. Von Dr. Janson, Köln. In Beziehung auf die Mitteilung in No. 2 dieses Jahrgangs (Seite 94) möchte ich noch auf ein sehr einfaches Verfahren hinweisen, das schon in Liesegangs Projektionskunst (Düsseldorf 1883) angegeben wurde. Man stellt sich eine Lösung von 10 Teilen Dammarharz in 150 Teilen Benzol her und fügt 6 Tropfen Kautschuklösung hinzu. Die Hauptschwierigkeit besteht nun darin, die Platte mit dieser Lösung gleichmäßig zu überziehen. Zu diesem Zwecke balanciert man sie auf den Fingerspitzen der linken Hand, taucht einen Glasstab in die Flüssigkeit und legt ihn parallel

der kürzeren Seite der Platte so an deren Rand, daß der daran hangende Tropfen sich gleichmäßig zwischen Glasstab und Platte verteilt. Dann führt man ersteren in ruhigem Striche einmal über die Platte, die rasch trocknet und in 1—2 Minuten zum Zeichnen mit Tinte, Tusche, Bleistift oder Kreide gebrauchsfähig ist. Ich benutze einen mittelweichen Bleistift (A. W. Faber No. 2) oder noch lieber den Kreidestift „The Negro Pencil" No. 2 von L. & C. Hardtmuth, und zwar in erster Linie zum Durchpausen von Abbildungen aus zoologischen Lehrbüchern. Zu diesem Zwecke müssen die Platten möglichst dünn sein; man bezieht sie am einfachsten von einer Fabrik photographischer Trockenplatten, muß aber darauf achten, daß man keine schlierenhaltige Ausschußware erhält. Beim Durchpausen hat man durch Unterlegen eines Bogens Papier darauf zu achten, daß keine Fingerabdrücke auf die Platte gelangen. Zum Durchzeichnen eignen sich besonders mehr schematisch gehaltene Abbildungen, doch kann man auch bald sehr hübsch schattieren lernen. Sollen die Platten aufgehoben werden, so legt man eine zweite auf das Bild und verklebt beide an den Rändern. Durch Alkohol läßt sich die Schicht im Augenblick entfernen. — Ich habe auf diesem einfachen Wege ca. 100 sehr brauchbare Projektionsplatten für das Kölner Museum für Naturkunde zum Gebrauch bei Vorträgen hergestellt. Über die Kolorierung der so gewonnenen Bilder vielleicht später etwas Näheres.

Schnelles Entleeren enghalsiger Flaschen. Von H. Rebenstorff in Dresden. Das besonders beim Spülen manchmal recht zeitraubende Ausgießen kann man beschleunigen, wenn man eine spitzwinklig gebogene Glasröhre von etwa 7 mm Weite in die Flasche senkt. während man die äußere Öffnung mit dem Daumen zuhält und diesen fortnimmt, sobald nach schnellem Umkehren der Flasche mit der andern Hand das Wasser auszufließen beginnt. Eine Literflasche mit unten $1^1/_2$, oben 2 cm weiter Halsöffnung entleerte sich ohne das



Winkelrohr in 30, mit dessen Benutzung in 11 Sekunden. Man kann sich in der Nähe des Ausgusses einige solcher Winkelrohre zum eventuellen Gebrauche aufhängen. Die Biegung sei über breiter Gasflamme hergestellt, also von größerem Krümmungsradius. Von einer solchen Röhre hat der Verfasser beim Entleeren des Ballons mit destilliertem Wasser rechten Nutzen, weil dies nicht mehr ruckweise und oft über den untergestellten Trichter hinausschießend, sondern gleichmäßig schnell ausfließt. Bei der nötigen Vorsicht konnte auch das Eingießen der Salpetersäure in Tonzellen sehr wesentlich beschleunigt werden.

Zur Selbstentzündung des gelösten Phosphors. Von O. Ohmann. Um die Selbstentzündlichkeit des feinzerteilten Phosphors zu demonstrieren, pflegt man gewöhnlich eine Lösung gelben Phosphors in Schwefelkohlenstoff auf Fließpapier zu gießen, woselbst nach dem Verdunsten des Lösungsmittels alsbald alles in Flammen aufgeht. Ein Übelstand bei diesem Versuch ist die außerordentlich starke Rauchentwicklung, zum großen Teil verursacht durch das Abbrennen des Papieres. Auch ist der Versuch in Bezug auf das, was er eigentlich zeigen soll, die Selbstentzündung allein des Phosphors, nicht ganz einwandfrei, da diese Selbstentzündung, wenigstens hinsichtlich des Zeitpunktes ihres Eintretens, sicherlich mit beeinflußt wird durch die Gegenwart des verbrennlichen Papieres. Außerdem bekommt man von der eigenartigen Flamme des abbrennenden feinverteilten Phosphors infolge der Rauchwolken und der Papierflammen überhaupt nichts zu sehen. Reinlicher und einwandfrei verläuft dagegen der Versuch, wenn man die Phosphorlösung statt auf eine verbrennliche Substanz auf ausgeglühtes Asbestpapier (auf Drahtnetz und Dreifuß befindlich) ausgießt. Auf die Notwendigkeit des Ausglühens der Asbestpräparate für chemische Versuche wurde bereits früher in dieser Zeitschrift (*X 169*) von mir hingewiesen. Beiläufig sei bemerkt, daß gerade das Unterlassen desselben zu dem eigentümlichen Fiasko führte, das die Asbesttechnik bei dem Schicksal des Walderseeschen Schutzhauses in China erlebte. Nach dem Verdunsten des Schwefelkohlenstoffes tritt die unvermittelte Selbstentzündung des Phosphors bald ein, und was man beobachtet, ist das Abbrennen des feinzerteilten Elementes allein.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Apparate zur Verflüssigung von Luft und Wasserstoff. Von R. Olszewski *(Ann. d. Physik 10, 769, 12, 196; 1903).* Die Grundlage der Apparate bildet der Verflüssigungsapparat von Hampson, dem der Verf. für den Gebrauch in Laboratorien vor dem Lindeschen den Vorzug gibt, da er sich durch einfacheren Bau, sowie durch schnelles und sicheres Funktionieren auszeichnet. Während bei dem Hampsonschen Apparat die Verflüssigung schon 10 Min. nach Beginn der Expansion anfängt, beginnt sie beim Lindeschen Apparat erst nach 2—3 Stunden. Der Verf. benutzte zwei Hampsonsche Regeneratoren, sowie ein mit einem Kohlensäure-Äthergemisch gefülltes Kühlgefäß. Die Luft gelangt aus einem Kompressor in den ersten Regenerator, von da in den Kühler, dann in den zweiten Regenerator, wo sie einen Druck von 200 Atm. besitzt. Durch Öffnung eines Expansivventils strömt sie in ein Blechgefäß und wird hier durch Expansion abgekühlt; die abgekühlte Luft streicht zwischen den Windungen beider Regeneratoren wieder rückwärts zum Kompressor. Nach 5 Min. schon beginnt sie sich in dem Blechgefäß zu verflüssigen. Ohne Kühlgefäß erhält man etwa die gleiche Menge flüssiger Luft wie mit dem einfachen Hampsonschen Apparat, mit Kühlgefäß mindestens die doppelte Menge.

Zur Demonstration bei Vorlesungen eignet sich eine außerordentlich einfache Anordnung. Ein Hampsonscher Regenerator wird mit Flanell umwickelt in ein zylindrisches Vakuumgefäß hineingeschoben, dessen unteres Ende nicht versilbert ist. Aus einer Stahlflasche tritt Luft von 200 Atm. Druck in die Röhren des Regenerators und aus diesen durch Drehen des Expansionsventils unter 90 Atm. in den unteren Raum des Vakuumgefäßes; die Luft entweicht zwischen den Windungen des Regenerators hindurch direkt in die Atmosphäre. Man kann so in 5 Min. 10—20 ccm flüssiger Luft erhalten, bei Anwendung von 2 Stahlflaschen 100 ccm in 10 Min. Durch ein luftdicht schließendes Rohr kann die flüssige Luft in ein anderes Vakuumgefäß übergeleitet und darin weiter verwendet werden.

Zur Verflüssigung von Wasserstoff haben Dewar und Travers Maschinen hergestellt, bei denen die niedrige Temperatur von —200 bis —205° durch Dampfdruckerniedrigung flüssiger Luft erzeugt wurde. Wie Olszewski fand, genügt hierzu bereits flüssige Luft unter gewöhnlichem Druck, sodaß der Gebrauch der Luftpumpe unnötig wird. Bei seinem Apparat sind drei Hampsonsche Regeneratoren angewandt worden, deren einer zum Zurückhalten der Kälte der zur Abkühlung des Wasserstoffs dienenden flüssigen Luft, der andere zur Ausnützung der Kälte des expandierten Wasserstoffs dient, während in dem Regenerator III der Wasserstoff verflüssigt wird. Dieser dritte Regenerator befindet sich ähnlich wie bei dem vorigen Apparat innerhalb eines zylindrischen Vakuumgefäßes; über ihm in demselben Gefäß liegt das von flüssiger Luft umspülte Schlangenrohr des Kühlers. Die hier entstehende kalte gasförmige Luft gelangt durch den außerhalb liegenden Regenerator I ins Freie; die in dem Kühler befindliche flüssige Luft fließt durch ein unteres Ventil zwischen die Windungen des Regenerators III und gelangt aus diesem durch ein Seitenrohr in den Regenerator II und von hier ins Freie. Der in Stahlflaschen komprimierte Wasserstoff wird zuerst durch alle Regeneratoren hindurchgeleitet, um alle Luft zu entfernen. Dann wird der Kompressor in Gang gesetzt, und der Wasserstoff tritt durch eine sich gabelnde Röhre zum größeren Teil in den Regenerator I, zum kleineren Teil in den Regenerator II; beide Wasserstoffströme vereinigen sich dann wieder und durchlaufen nun die Kühlschlange und die Röhren des Regenerators III, an deren unterem Ende nach Öffnung des Ventils die Expansion erfolgt. Der expandierte Wasserstoff wird zwischen den Windungen der Regeneratoren III und I zum Kompressor zurück geleitet. Bald nach der Expansion bildet sich in dem unteren Teil des Vakuumgefäßes ein Niederschlag von fester Luft, die den Wasserstoff verunreinigt, wenige Minuten später beginnt der Wasserstoff sich zu verflüssigen und kann durch ein Hahnrohr in ein anderes Vakuumgefäß übergeleitet werden. Der Wasserstoff darf nicht

durch zuviel Sauerstoff (0,2—0,5 %) verunreinigt sein, da sonst Verstopfung des Expansionsventils oder auch Explosionen im Zylinder des Kompressors eintreten können. Zum Verflüssigen von 200—300 ccm Wasserstoff genügen ca. 3 Liter flüssige Luft.

Eine Verbesserung des eben beschriebenen Apparats fand Olszewski darin, daß er die beiden Regeneratoren, sowie den zur Aufnahme der flüssigen Luft dienenden Kühler in demselben Vakuumgefäße unterbrachte. Dadurch wurde eine bessere Wärmeisolation aller Teile erreicht, sodaß die Menge der zur Abkühlung dienenden flüssigen Luft erheblich reduziert werden konnte. Da Wolle zur Isolierung nicht mehr nötig war, konnten die Dimensionen des Apparates beträchtlich verkleinert werden. — Ein auf ähnlichen Prinzipien beruhender Apparat zur Verflüssigung des Wasserstoffs wurde von Travers konstruiert und während des Kongresses für angewandte Chemie in der technischen Hochschule zu Berlin im Betrieb vorgeführt. *Schk.*

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die Blondlotschen n-Strahlen, über die in d. Ztschr. *XVI, 226* berichtet wurde, sind von dem Entdecker nicht nur in den meisten künstlichen Lichtquellen, sondern auch im Sonnenlicht aufgefunden worden. (*C. R. CXXXVI, 1421, CXXXVII, 166; 1903.*) Die Strahlen besitzen die Eigenschaft, eine vorhandene Phosphoreszenz zu verstärken. Blondlot brachte nun eine phosphoreszierende Substanz, z. B. Schwefelcalcium, das vorher einer schwachen Insolation ausgesetzt war, in etwa 1 m Entfernung von den eichenen Läden eines vollständig verdunkelten Zimmers, während Sonnenstrahlen auf die von jenen Läden geschlossenen Fenster fielen. Stellte man jetzt in den Weg der Sonnenstrahlen, die man durch das Holz hindurchgehend anzunehmen hat, eine Bleiplatte oder auch nur die Hand, so sah man, wie sich die Helligkeit der Phosphoreszenz verminderte; bei Wegnahme des Hindernisses trat die frühere Helligkeit wieder ein. Der Versuch gelingt sehr leicht, wenn man ihn mit einer schwachen Phosphoreszenz anstellt; besonders die Umrisse des phosphoreszierenden Körpers auf dem dunkeln Hintergrunde treten unter dem Einfluß der n-Strahlen schärfer hervor. Durch Zwischenstellen mehrerer Aluminiumplatten, von Pappe, einer 3 cm dicken Eichenplatte wird die Erscheinung nicht verhindert. Dagegen hält eine dünne Wasserschicht die Strahlen gänzlich auf, ebenso vermindern leichte an der Sonne vorüberziehende Wolken erheblich die Wirkung. Die n-Strahlen der Sonne lassen sich durch eine Quarzlinse konzentrieren; man beobachtet mit Hilfe der phosphoreszierenden Substanz mehrere Brennpunkte. Die n-Strahlen werden von einer polierten Glasplatte regelmäßig, von einer matten Glasplatte diffus reflektiert. Ebenso wie die von einer Crookesschen Röhre ausgesandten n-Strahlen wirken die von der Sonne kommenden auf einen kleinen Funken oder auf eine kleine Flamme, indem sie deren Helligkeit vermehren. Eine Wirkung der n-Strahlen auf die photographische Platte konnte dagegen nicht wahrgenommen werden; dadurch zeigen sie sich durchaus verschieden von dem „schwarzen Licht" Le Bons, das gerade durch diese Wirkung entdeckt wurde.

Weiterhin fand Blondlot, daß die n-Strahlen auch glühende feste Körper zum Aufleuchten brachten. Die von einem Auerbrenner ausgesandten n-Strahlen wurden, nachdem sie Holz- und Aluminiumschirme passiert hatten, mit einer Quarzlinse auf einem elektrisch dunkelrot erhitzten Platindraht konzentriert. Brachte man einen Bleischirm zwischen die Strahlen und den Draht, so wurde dieser dunkler, nach Wegnahme des Bleischirms erhielt er die alte Helligkeit. Man beobachtet den Draht am besten durch eine, 3 cm vor ihm befestigte matte Glasplatte. Die Wirkungen schienen nicht augenblicklich zu sein. Eine 0,1 mm dicke Platinplatte, die auf dunkle Rotglut erwärmt war, zeigte unter dem Einfluß der Strahlen die gleichen Helligkeitsänderungen. Man erhielt bei dieser Platte einen hellen Fleck an der oberen Fläche, wenn die Strahlen auch nur auf die untere Fläche gerichtet waren. Diese Beobachtungen an einem glühenden festen Körper ließen vermuten, daß die getroffenen Körper durch die Strahlen erwärmt wurden. Indes konnte Blondlot selbst mit einer überaus empfindlichen thermo-elektrischen Säule von Rubens keine Spur einer Er-

wärmung nachweisen, obwohl er dabei sehr intensive n-Strahlen benutzte, die die Phosphoreszenz von Schwefelcalcium sehr stark erhöhten. Auch durch Messung eines elektrischen Widerstandes, der $^1/_{60}{}^0$ Temperaturerhöhung bestimmen ließ, konnte keine Wärmewirkung der n-Strahlen nachgewiesen werden. Obwohl Platin im gewöhnlichen Zustande für die Strahlen undurchlässig ist, erwies es sich im glühenden Zustande als durchlässig; dadurch wird die Wirkung der Strahlen durch das rotglühende Platinblech hindurch verständlich.

Die Blondlotschen Strahlen wurden auch von Sagnac beobachtet (*C. R. CXXXVI, 1435; 1903*). Derselbe glaubt indes aus der Tatsache, daß sich hinter der Quarzlinse vier Brennpunkte der Strahlen zeigen, nicht auf vier verschiedene Strahlenarten schließen zu müssen, indem er nachweist, daß drei dieser Brennpunkte sich durch Beugung der Strahlen an der Linsenöffnung erklären lassen. Hiernach stellten die n-Strahlen nur einen mehr oder weniger breiten Spektralstreifen dar, der einem mittleren Brechungsexponenten 2,942 für Quarz entspricht. Hieraus und aus den Blondlotschen Daten berechnet Sagnac die Wellenlänge der n-Strahlen $\lambda = 0{,}2$ mm, ein Wert, der über dreimal so groß ist wie die Wellenlänge der längsten von Rubens gemessenen ultraroten Strahlen (0,06 mm). *Schk.*

Becquerelstrahlen. Ebenso wie Luft und Gase scheinen auch andere Dielektrika unter dem Einflusse der Radiumstrahlen elektrisch leitend zu werden. Von Becquerel wurde dieses für das Paraffin festgestellt. (*C. R. CXXXVI 1173; 1903.*) Im Innern eines Glaszylinders von 3 cm Durchmesser, dessen Innenwand mit Kupferblatt belegt war, befand sich koachsial ein Aluminiumzylinder von 6 mm Durchmesser und 0,1 mm Wanddicke; der Raum zwischen beiden Zylindern wurde mit Paraffin gefüllt. Das Kupfer war mit dem einen Pol einer Batterie, das Aluminium mit einem Goldblattelektrometer in Verbindung. In dem Aluminiumzylinder befand sich ein Glasrohr, in das die radioaktive Substanz gebracht wurde. Sobald dieses geschah, zeigte das vorher unbeeinflußte Elektrometer einen kräftigen Strom an, indem die ringförmige Paraffinschicht leitend wurde. Die Radiumstrahlen durchsetzten sogar die Wand der äußern Röhre und ionisierten die umgebende Luft. Leitete man die beiden Metallzylinder zur Erde ab und isolierte dann den Aluminiumzylinder, so zeigte das Elektrometer eine entgegengesetzte Ladung an, die auf einen Ionisationsrückstand des Paraffins zurückgeführt werden kann. Wird das Radium dann wieder eingeführt, so zeigt sich zuerst ein merklicher Strom, der in wenigen Sekunden sehr schwach wird, sobald der größte Teil der Ladung des Paraffins neutralisiert ist. Ähnliche Resultate wie Becquerel erhielt A. Becker bei Schellack, Glimmer und Hartgummi. (*Ann. d. Physik 12, 124; 1903.*) Von F. Kohlrausch wurde ferner eine durch Radiumstrahlen veranlaßte Zunahme der Leitfähigkeit destillierten Wassers beobachtet; doch sind die Versuche hierüber noch nicht abgeschlossen. (*Verhdl. d. D. Phys. Ges. 1903, S. 261.*)

Da die von Radium ausgestrahlten positiven und negativen Teilchen in verschieden hohem Grade absorbiert werden, so wird ein Radiumpräparat innerhalb eines Gefäßes, dessen Wände die negativen Teilchen leichter hindurchlassen als die positiven, eine positive Ladung annehmen müssen. Wie groß diese unter Umständen sein kann, beobachtete Dorn ganz zufällig, als er ein Glasröhrchen, in das ca. 30 mg starkes Radiumbromid eingeschmolzen war, nach 6 Monaten öffnen wollte. (*Phys. Ztschr. 4, 507.*) Als er mit der Feile die Glasoberfläche auch nur geritzt hatte, wurde das Glas von einem elektrischen Funken mit hörbarem Geräusch durchbrochen. Eine genauere Messung dieser Selbstelektrisierung des Radiums versuchte W. Wien (a. a. O. *S. 624*), indem er einen Radiumbromid enthaltenden Platintiegel an einem Glasfaden isoliert innerhalb einer Vakuumröhre aufhing; der Tiegel war mit einem Aluminiumfenster bedeckt und stand durch einen Platindraht mit einem Dolezalekschen Elektrometer in Verbindung. Bei hohem Vakuum zeigte das Elektrometer einen positiven Ausschlag von 300 Skt. Weiterhin bestimmte der Verf. den Strom, der von dem Radium durch einen hohen Widerstand dauernd zur Erde floß, im Mittel zu $2{,}91 \cdot 10^{-12}$ Amp. Daraus berechnete er mit Hilfe des Des Coudresschen Wertes von m/e die Masse der in 1 Sekunde ausgestrahlten negativen Teilchen $= 2{,}9 \cdot 10^{-20}$ gr, die der positiven $= 4{,}6 \cdot 10^{-17}$ gr und die Energie zu $^1/_2\, m \cdot V^2 = 60$ Erg.

Während Runge und Precht mit einer spektralen Methode das Atomgewicht des Radiums zu 258 bestimmten (*d. Ztschr. XVI, 169*) fand Marshall Watts mit einer ähnlichem Methode, die auf der Beziehung zwischen den Quadraten der Atomgewichte einzelner Elemente mit den Schwingungszahlen gewisser Spektrallinien beruht, das Atomgewicht des Radiums im Mittel zu 224,89, eine Zahl, die mit dem von Frau Curie gefundenen Wert 225 sehr gut übereinstimmt (*Phil. Mag. Vol. 6, 64; 1903*). Frau Curie hält den erstgenannten Forschern gegenüber auch an der von ihr auf sehr zuverlässigen Grundlagen bestimmten Zahl fest, so daß diese jetzt wohl als die wahrscheinlichere angesehen werden muß. (*Phys. Ztschr. 4, 456; 1903.*)

Während Rutherford die Emanation des Radiums sogleich als ein besonderes Gas anzusehen geneigt war, hatte Curie diese Anschauung zunächst nicht geteilt (*d. Ztschr. XVI, S. 166 u. 169*); bei weiteren Untersuchungen, die Curie zusammen mit Daune anstellte, gelangt er aber auch zu der Rutherfordschen Auffassung. (*C. R. CXXXVI, 1314; 1903.*) Die Strahlung eines die Emanation enthaltenden Glasgefäßes nahm viel rascher ab, wenn das Gefäß mit einem Kapillarrohr verbunden war, indem die Emanation ganz wie ein beigemischtes Gas durch das Rohr in die Luft hinein diffundierte. Die Diffusion folgt auch dem in d. Ztschr. *XVI, 169* beschriebenen Exponentialgesetz und wird durch eine Größe charakterisiert, die dem Querschnitt der Kapillare direkt, ihrer Länge und dem Volumen des Glasgefäßes umgekehrt proportional ist. Den spezifischen Diffusionskoeffizienten fanden die Verff. zu 0,10 (derselbe ist für Diffusion von Kohlensäure in Luft 0,15, von Ätherdampf in Luft 0,09). Auch sonst verhält sich die Radiumemanation ganz wie ein Gas. Wird das die Emanation enthaltende Gefäß mit einem zweiten inaktiven Gefäß verbunden, so verteilt sich die Emanation nach einiger Zeit über beide Gefäße proportional ihrem Volumen. Erwärmt man das eine von zwei aktiven Gefäßen auf 350°, während das andere bei 10° gehalten wird, so nimmt die Aktivität des kalten Gefäßes zu, und die Emanation verteilt sich auf beide Gefäße in demselben Verhältnis, wie es eine Gasmasse unter gleichen Bedingungen tun würde. Bei der Temperatur der flüssigen Luft kondensiert sich die Radiumemanation, wie Rutherford schon früher fand. Wird eine mit dem aktiven Gefäß verbundene Kapillare zugeschmolzen und in flüssige Luft getaucht, so verdichtet sich hier die ganze Emanation. Schmilzt man die Kapillare ab, so bemerkt man, daß das große Gefäß inaktiv, die kleine Kapillare aber sehr aktiv geworden ist. Die in einer solchen Kapillare kondensierte Emanation zeigt, wie Crookes und Dewar beobachteten, deutliche Phosphoreszenz.

Den Kondensationspunkt der Thoremanation bestimmten Rutherford und Soddy etwas abweichend gegen früher zu — 120°, den Kondensationspunkt der Radiumemanation zu — 150°; die Verflüchtigung der ersteren war erst bei — 155° zu beobachten, während sie für das Radium auch auf — 150° fiel. (*Phil. Mag. 5, 561; 1903.*)

Die Emanationen des Thors und des Radiums entwickeln sich aus den Verbindungen jener Stoffe, wenn sie in Wasser gelöst sind oder wenn sie erwärmt werden. Während die Emanation des Radiums sich aus diesem unmittelbar bildet, entsteht, wie Rutherford und Soddy fanden, aus dem Thor zunächst das stark radioaktive Thor-X und aus diesem die Emanation. (*Phil. Mag. 5, 441, 445; 1903.*) Bei dem Uran bildet sich auch das Uran-X, aber keine Emanation. Das von dem Uran-X befreite Uran sendet noch die leicht absorbierbaren α-Strahlen aus, die sich durch elektrische Wirkungen auszeichnen, während die durchdringenden, photographisch wirksamen β-Strahlen von dem Uran-X ausgesandt werden. Das zurückgebliebene Uran erlangt aber mit der Zeit die Fähigkeit, β-Strahlen auszusenden, wieder, d. h. es bildet sich spontan neues Uran-X, während das getrennte Uran-X mit der Zeit seine Wirksamkeit verliert. Bestimmt man die Zunahme der ersteren und die Abnahme der letzteren Wirkung, so erhält man fast die gleiche Zeitfunktion. Es geht daraus hervor, daß beim Uran ebenso wie beim Thor die Stärke der β-Strahlung auf einem Gleichgewichtszustande zwischen fortwährender Neubildung und Entaktivierung des Uran-X beruht. Ähnlich verhält sich das Radium in Bezug auf die Emanation. Auch bei ihm bleibt nach Abscheidung der Emanation ein Rückstand, der noch α-Strahlen aussendet und mit der Zeit

wieder neue Emanation entwickelt, während die Emanation allmählich an Wirksamkeit verliert. Die Radiumemanation sendet anfangs noch α-Strahlen, dann aber auch β-Strahlen aus.

Daß Becquerel bei seinen Uranpräparaten keine α-Strahlen beobachten konnte (*C. R. CXXXVI, 947*), beruht möglicherweise darauf, daß er bei seinen Versuchen stets die photographische Methode anwandte und die α-Strahlen ja vorzugsweise elektrisch wirksam sind. Mit jener Methode wurde er aber gerade in den Stand gesetzt, das Vorhandensein sehr durchdringender Strahlen bei dem Polonium festzustellen, während bisher nur die große Absorbierbarkeit der Poloniumstrahlen bekannt war. Becquerel hatte eine Mischung von Poloniumnitrat mit Wismut, deren Aktivität schon sehr abgenommen hatte, in einem kleinen Gefäße mit Papierboden auf eine photographische Platte gebracht und fand nach 14 Tagen eine intensive Wirkung auf der Platte durch das schwarze Papier hindurch, das die gewöhnlichen Poloniumstrahlen sonst ganz zurückhält. Ähnliche Ergebnisse hatten Versuche mit Körnern von metallischem Polonium, die durch Papier und Glimmer hindurch auf photographischen Platten Eindrücke hervorbrachten. Es scheint hiernach, als wenn das Polonium ebenso wie die andern radioaktiven Stoffe sich mit der Zeit in ein Produkt mit anderen Strahlungseigenschaften umzuwandeln vermag.

Diese fortgesetzten Umwandlungen bilden aber, wie Rutherford und Soddy ausführen, das charakteristische Merkmal der radioaktiven Körper. (*Phil. Mag. 5, 571; 1903.*) Die Strahlung ist keine Folge, sondern eine Begleiterscheinung jeder dieser Umwandlungen; beide sind einander durchaus proportional. Die Umwandlungsprodukte bestehen nur kurze Zeit; da sich zwischen dem Verschwinden und der Neubildung radioaktiver Materie ein Gleichgewichtszustand herstellt, so kann man von einem Prinzip der Erhaltung der Radioaktivität sprechen. Wie Crookes sind auch Rutherford und Soddy der Ansicht, daß es sich bei der radioaktiven Umwandlung um eine Zersetzung der Atome handelt. Für den nur kurze Zeit bestehenden Atomsplitter schlagen sie den Namen Metabolon vor. Die totale Energie der Strahlung während der Zersetzung eines Gramms Radium berechnen die Verff. auf mindestens 10^8 gr-Cal; da zu der Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff etwa $4 \cdot 10^3$ gr-Cal pro Gramm erzeugten Wassers nötig sind, so ist die Energie der radioaktiven Umwandlung 20 000, ja vielleicht 1 Million mal größer als die Energie irgend einer melokularen Umsetzung. Ebenso berechnet sich der zur Ionenbildung dienende Betrag der ausgestrahlten Energie für 1 gr Radium zu 15 000 gr-Cal pro Jahr. Da die radioaktive Energie nur einen Teil der gesamten in einem Atom befindlichen Energie darstellen wird, so muß diese enorm groß sein. Die Erhaltung der Sonnenenergie ist vielleicht, wie es schon Lockyer als möglich hingestellt hatte, auf solche „subatomischen" Prozesse zurückzuführen.

Die durch radioaktive Prozesse erzeugten Umwandlungsprodukte sind nur in so geringer Menge vorhanden, daß sie durch die gewöhnlichen Methoden der chemischen oder spektralen Analyse nicht mehr erreicht werden. Die radioaktive Analyse übertrifft also die früheren Methoden bei weitem. So ist in der Pechblende mit keiner der älteren Methoden das Radium festzustellen, erst nach fortgesetzter Konzentration beginnt sich das so charakteristische Spektrum zu zeigen. Jetzt muß das Radium zu den best definierten und charakterisierten chemischen Elementen gerechnet werden. Wahrscheinlich wird man auf Grund radioaktiver Wirkungen noch neue Grundstoffe entdecken, die dann bei genügender Konzentration auch mit den älteren Methoden untersucht werden können. Da die radioaktiven Stoffe in fortgesetzter Umwandlung begriffen sind, so müssen aus ihnen im Laufe längerer Zeiträume nicht mehr radioaktive Endprodukte entstehen, die sich in den natürlichen Mineralien, welche radioaktive Stoffe enthalten, in größerer Menge anhäufen dürften. Rutherford und Soddy stellen es als möglich hin, daß ein solches Endprodukt der Radiumumwandlung vielleicht das Helium sei.

Diese Vermutung hat sich nach Mitteilungen von Ramsay und Soddy als Tatsache erwiesen. (*Nature 68, 354; Phys. Ztschr. 4, 651; 1903.*) Das durch Auflösen von Radiumbromid in Wasser erhaltene Gas wurde von Wasserstoff und Sauerstoff befreit und in einer Vakuum-

röhre aufgefangen. Das Gas zeigte zunächst das Spektrum der Kohlensäure; wurde diese durch flüssige Luft verdichtet, so wurde ihr Spektrum sehr geschwächt, und es erschien die D_3-Linie des Heliums. Wurde eine Radiumemanation in einer U-Röhre durch flüssige Luft verdichtet und mit frischem Sauerstoff ausgewaschen, so zeigte sich nach Evakuierung und Entfernung der flüssigen Luft in einer mit der U-Röhre verbundenen Vakuumröhre zunächst ein neues, noch nicht genauer geprüftes Spektrum, aber keine Spur von Helium. Nach einem Stehen von 4 Tagen erschien das Heliumspektrum, und zwar außer den bekannten Linien noch drei neue. Es wäre von hohem Interesse, wenn sich diese Beobachtung auch sonst bestätigen sollte; dem Ref. erscheint es vorläufig noch nicht ganz ausgeschlossen, daß der bei der Behandlung der Emanation benutzte Sauerstoff doch vielleicht Spuren von Helium enthalten hat.

Von andern Stoffen, bei denen radioaktive Eigenschaften nachgewiesen sind, steht in erster Linie das radioaktive Blei, das Hofmann und Wölfl weiter untersucht haben. (*Berl. Chem. Ber. XXXVI 1040; 1903.*) Auch bei dem Radioblei lassen sich zwei Arten von Strahlen nachweisen, die den α- und β-Strahlen Rutherfords entsprechen. Bringt man Streifen anderer Metalle (Platin, Gold, Silber, Palladium) in eine Lösung von Radiobleichlorid, so erlangen sie starke α-Aktivität, die unter Umständen größer sein kann als die des zum Versuche dienenden Radiobleisalzes. Besonders kräftig war die Ladung von Palladium. Dieselbe blieb monatelang haften und konnte nicht durch Abreiben und Waschen, wohl aber durch Ausglühen entfernt werden. Das α-Agens machte hierbei den Eindruck einer feinen Materie, die im Metall okkludiert ist. Die Bleipräparate werden durch Entziehung dieses Agens vorübergehend geschwächt, erlangen aber bald von selbst ihre frühere Wirksamkeit wieder. Die β-Wirkung läßt sich auch, aber weniger leicht, auf andere Metalle übertragen. Dagegen wird die β-Wirkung durch Kathodenstrahlen erheblich verstärkt, die α-Wirkung nur, wenn sie vorher durch chemische Umwandlung verringert war. Korn und Strauss wollen auch beim Radioblei die eigentliche Strahlung von der Aussendung eines materiellen Stoffes — der der „Emanation“ des Radiums entsprechen würde — unterscheiden. (*Ann. d. Physik 11, 397; 1903.*)

Auch die radioaktiven Eigenschaften der Luft sind von verschiedenen Seiten weiter untersucht worden. Nach Thomson erhält die Luft die Eigenschaft erst, wenn sie durch Wasser geleitet wird (*d. Ztschr. XV, 363*). F. Himstedt konnte bestätigen, daß Luft beim Durchblasen durch Wasser, ebenso beim Durch- und Vorbeistreichen an mit Wasser befeuchteten Flächen eine sehr erhebliche Vermehrung ihrer Leitfähigkeit erlangt, die aber nicht von dem hygrometrischen Feuchtigkeitsgehalt der Luft abhängig ist. (*Ann. der Physik 12, 107; 1903.*) Beim Abkühlen der Luft auf sehr tiefe Temperaturen verschwand die Leitfähigkeit, erschien aber wieder beim Erwärmen. Ein elektrisches Feld zerstörte die Leitfähigkeit nicht. Dieselbe verschwand dagegen, wenn die Luft in einem geschlossenen Behälter längere Zeit sich selbst überlassen blieb. Himstedt glaubt die Erscheinungen durch die Annahme erklären zu können, daß Wasser ebenso wie auf Säuren und Salze, so auch auf Gase eine stark ionisierende Wirkung auszuüben vermag, indem einzelne Luftmoleküle sich mit Wasserteilchen verbinden und dadurch leitend werden. Die hohe Leitfähigkeit der Keller- und Bodenluft würde ebenfalls hierauf zurückzuführen sein.

Leider wird diese Möglichkeit von Elster und Geitel bei ihren neuesten Untersuchungen über Radioaktivität der Bodenluft garnicht in Betracht gezogen. Sie entnahmen in leicht transportierbaren Gefäßen Luftproben aus den verschiedensten Gegenden und fanden dabei sehr verschiedene Werte der Aktivität (*Phys. Ztschr. 4, 522; 1903*). Die Natur des Erdbodens, aus der die Luft aspiriert war, erwies sich als sehr wesentlich. Proben des Erdbodens, aus dem die radioaktive Luft stammte, zeigten sich ebenfalls als schwach aktiv; doch gelang es nicht durch chemische Behandlung einen radioaktiven Stoff anzusammeln. Natürliche, aus dem Erdboden stammende Kohlensäure war ebenso wirksam wie Luft. Die Radioaktivität der freien Atmosphäre erwies sich als sehr abhängig von den meteorologischen Elementen. Im allgemeinen nahm sie zu mit Abnahme des Luftdrucks, außer wenn durch starke Nieder-

schläge die Emanation der Luft wieder entzogen wurde. Das von Crookes beschriebene Szintillieren der Sidotblende (*d. Ztschr. XVI, 294*) wurde von den Verff. nicht nur in der Nähe eines Radiumpräparats beobachtet, sondern auch, wenn sie die Blende in dunkler Nacht in eine über den aktiven Erdboden eingegrabene Glocke brachten und hier mehrere Stunden auf 2000 bis 3000 Volt negativ luden. Sie sind daher der Ansicht, daß diese leuchtenden Pünktchen dort entsehen, wo von der die Zinkblende überziehenden radioaktiven Schicht negative Elektronen fortgeschleudert werden, nicht, wie Crookes annahm, dort, wo die Elektronen auf den Schirm auftreffen.

Auch noch anderen Stoffen scheinen radioaktive Eigenschaften zuzukommen. So fand Strutt, daß verschiedene Metalle, Zinn, Silber, Zink, Blei, Kupfer, Platin, Aluminium radioaktiv wirkten. (*Phil. Mag. Vol. 5. S. 680; 1903.*) Er hatte ein zylindrisches Gefäß, in dessen Achse sich ein mit zwei Goldblättchen versehener Draht befand, der elektrisch geladen wurde; die Divergenz der Goldblättchen zeigte die Stärke der Ladungen. Das Gefäß konnte evakuiert und dann mit Luft gefüllt werden. War es evakuiert, so änderte sich die Ladung nicht; wurde trockene Luft eingelassen, so sank die Ladung. Diese Abnahme der Ladung war aber ganz verschieden, je nachdem die Wand des Gefäßes mit einem der vorhin genannten Stoffe ausgekleidet war. Befand sich auf der Gefäßwand Stanniol, so gingen die Goldblättchen um 3,3 Skt. in der Stunde zusammen, bei chemisch niedergeschlagenem Silber um 1,6 Skt., bei Zink um 1,2, bei Blei um 2,2, bei Platin um 2,0 bis 3,9, bei Aluminium um 1,4 Skt. Diese Endladungswirkung kann zurückgeführt werden auf Becquerelstrahlen, die von der Bekleidung der Gefäßwand ausgehen und auf die Luft ionisierend wirken. Allerdings ist die Radioaktivität der untersuchten Stoffe sehr gering: Bei Uran ist sie 3000, bei Radium 100 000 mal so groß. Die durchdringende Kraft der von Zinnfolie ausgehenden Strahlen schien den α-Strahlen des Urans gleich zu sein.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Mc. Lennan und Burton (*Phil. Mag. Vol. 5. 699, Vol. 6. 343; Phys. Ztschr. 4, 553; 1903*). Sie benutzten eine ähnliche Versuchsanordnung wie Strutt, bestimmten aber den Strom, der durch leitend gewordene Luft von der Wand eines Metallzylinders nach einem in der Mitte befindlichen Drahte hindurchging. Es ergab sich zunächst, daß die Leitfähigkeit der eingelassenen Luft abnahm, ein Minimum erreichte und dann wieder langsam bis zu einem Grenzwerte zunahm. Diese Variationen der Leitfähigkeit waren um so größer, je höher der Druck war: bei 7 Atmosphären Druck sank der Strom in 4 Stunden von anfangs 30 auf 6,6 Einheiten, erreichte aber nach 44 Stunden wieder 24 Einheiten. Wurden die Gefäßwände mit verschiedenen Metallen ausgekleidet, so zeigten sich stets verschiedene Minima (bei Zink z. B. 4,5, bei Zinn 7,2, bei Blei 10,8) und verschiedene Grenzwerte, während der Gesamtverlauf der Kurven der gleiche blieb. Eine Erklärung dieser Erscheinungen läßt sich darin finden, daß die in den Zylinder eingeführte Luft bereits eine radioaktive Emanation besitzt, die allmählich geringer wird, während von den Gefäßwänden eine neue Emanation ausgeht, durch die die geringer gewordene Leitfähigkeit wieder erhöht wird, bis sich zwischen beiden Emanationswirkungen ein Gleichgewichtszustand einstellt, der den Grenzwert der Leitfähigkeit bedingt.

Bei weiteren Versuchen fanden die Verff., daß, wenn ein Metallzylinder sich isoliert in einem zweiten Zylinder von dem gleichen Material befand, er allmählich eine negative Ladung erhält und nach kurzer Zeit einen Gleichgewichtszustand erreicht. Dieser Grenzwert betrug für Aluminium 178, für Zink 160, für Blei 216, für Zinn 95, für Kupfer 73 Millivolt. Die Grenzwerte dieser Potentiale nahmen mit der Dichte des Gases in dem Zwischenraume der beiden Zylinder etwas zu.

Auch beim Hindurchleiten von Luft durch eine mit erhitzten Kupferspänen gefüllte Röhre oder durch Quecksilber erhielt Strutt ein stark radioaktives Gas (*Phil. Mag. Vol. 6. 113. Naturw. Rdsch. XVIII 514; 1903*). Wurde dieselbe Luft immer wieder durch das Quecksilber geleitet, so erreichte ihre Leitfähigkeit das 125-fache des ursprünglichen Wertes. Mit der Zeit erschöpfte sich das Quecksilber, erlangte aber durch längeres Stehen die Fähigkeit, Luft aktiv zu machen, wieder. Die so aktivierte Luft verhielt

sich ganz wie die Emanation des Radiums. Die Aktivität nahm nach einem exponentiellen Gesetz ab. Auf den Wänden des Gefäßes lagerte sich radioaktive Materie ab, die nach Einleitung frischer Luft noch längere Zeit wirksam blieb.

Einen erheblichen Einfluß der Radiumstrahlen auf in der Entwickelung befindliche Organismen konnte G. Bohn nachweisen (*C. R. CXXXVI 1012* u. *1085; 1903*). 80 Kröten- und Froschlarven wurden 3 bis 6 Stunden lang den Strahlen von sehr aktivem Radiumbromid ausgesetzt, das dem Verf. von Curie zur Verfügung gestellt war. Im allgemeinen zeigten Krötenembryonen und Kaulquappen eine Verringerung des Wachstums. Von 38 Froschembryonen starben 9 sogleich nach erfolgter Bestrahlung, die übrigen 29 entwickelten sich zu monstruösen Kaulquappen mit wenig ausgebildetem Schwanz und einer Einschnürung hinter dem Kopf. Bei sehr jungen Embryonen zeigte sich zunächst keine Wirkung der Radiumstrahlen; später aber bildeten sich bei der Umbildung in Kaulquappen dieselben Monstruositäten aus. Die Wirkung kann also eine Zeitlang latent bleiben, um dann in einem bestimmten Entwickelungsstadium doch hervorzutreten. Auch bei sich entwickelnden Seeigeleiern fand der Verf. ganz bestimmte Abänderungen, sobald die Eier den Radiumstrahlen ausgesetzt wurden. Spermatozoen wurden durch die Strahlen rasch geschwächt oder getötet; unbefruchtete Eier zeigten sich dagegen gerade sehr empfänglich für die Befruchtung oder begannen sich sogar parthenogenetisch zu entwickeln. Alle diese Erscheinungen lassen sich auf eine Einwirkung der Strahlen auf das Chromatin des Zellkerns zurückführen. *Schk.*

Sichtbarmachung ultramikroskopischer Teilchen. Von A. Cotton und H. Mouton (*C. R. CXXXVI 1657; 1903.*) Die Verff. haben die in dieser Zeitschrift *XVI, 104* beschriebene Methode von Siedentopf und Zsigmondy vereinfacht, wenigstens soweit sie zur Untersuchung von Flüssigkeiten dienen kann. Anstatt das Licht von der Seite her auf den kleinen Teilchen zu konzentrieren, erfolgte die Beleuchtung von unten und erhielt durch totale Reflexion die nötige Intensität. Ein Tröpfchen der zu untersuchenden Flüssigkeit wird in der gewöhnlichen Weise zwischen eine Glasplatte und ein Deckgläschen gebracht; die Glasplatte befindet sich auf einem Glasblock von passender Form, zwischen beiden eine Flüssigkeit von gleichem Brechungsindex. Ein Lichtbündel durchdringt den Block und konvergiert in der Flüssigkeit unterhalb des Objektivs; der Einfallswinkel der Strahlen wird so gewählt, daß sie nach Durchdringung der Flüssigkeit an der Oberfläche des Deckgläschens total in die Flüssigkeit zurückgeworfen werden. Diese wird dadurch intensiv erhellt; man braucht dazu weder Sonnen- noch Bogenlicht, sondern es genügt der Faden einer Nernstlampe. Durch hinreichende Verdünnung der Flüssigkeit wird bewirkt, daß die ultramikroskopischen Teilchen nicht zu zahlreich sind und die Beugungsbilder einander nicht stören können. Der Anblick des mikroskopischen Feldes gleicht bei guter Einstellung aller glänzenden Punkte dem Felde eines auf den Himmel gerichteten astronomischen Fernrohrs. Eine bedeutende Vergrößerung ist nicht nötig, wenn die glänzenden Punkte nur nicht zu zahlreich sind. Bei sehr kleinen Teilchen braucht man, um mehr Licht zu erhalten, ein starkes trockenes Objektiv mit großer numerischer Apertur.

Die Verff. haben eine große Zahl von Flüssigkeiten geprüft und darin in vielen Fällen zahlreiche Teilchen wahrgenommen, die bei gewöhnlicher transparenter Beleuchtung völlig unsichtbar blieben. Die Anordnung erlaubt, beide Beleuchtungsarten rasch mit einander zu vertauschen und dieselbe Stelle des Objekts nach beiden Methoden zu untersuchen. Ein gutes Prüfobjekt bilden Kulturen des Erregers der Rinderpneumonie, die bei gewöhnlicher Betrachtung nur undeutliche Granulationen zeigt, während die andere Methode eine große Zahl glänzender lebhaft bewegter Punkte erkennen läßt. Ebenso wurde eine große Zahl kleiner Teilchen festgestellt in der Emulsion, die zur Farbenphotographie nach Lippenmannscher Methode dient. Zu allen Beobachtungen ist es nötig, die Glasplatten und Deckgläschen sorgfältig auszusuchen und zu reinigen. Die Methode kann auch zum Studium der Oberfläche von Gläsern und Krystallen benutzt werden. *Schk.*

3. *Geschichte und Erkenntnislehre.*

Die Astronomie der Babylonier. Über die neueren Forschungen zur Mathematik und Astronomie der Babylonier berichtet O. Dziobek im *Prometheus No. 716—718*, anknüpfend an die Werke von K. F. Ginzel (*die astronomische Kenntnis der Babylonier und ihre kulturhistorische Bedeutung*) und von Kugler (*die babylonische Mondrechnung*, Freiburg i. B. 1900). Das bisher aufgedeckte Beobachtungsmaterial umfaßt kaum mehr als 20 bis 30 Keilschrifttäfelchen, während noch hunderte der Entzifferung harren. Schon jetzt aber steht fest, daß die Babylonier mehr getan als bloß beobachtet und schätzbares Material zusammengetragen haben. Die Griechen werden einen Teil ihres Ruhmes auf diesem Gebiet an die Babylonier abtreten müssen.

Den Babyloniern verdanken wir die zwölf Sternbilder der Ekliptik, die nach Hommel (*Ausland, 1891 und 1892*) um das Jahr 1150 v. Chr. folgende Namen trugen: Widder, Stier, Zwillinge, Streitkolben, Hund, Ähre, Joch, Skorpion, Schütze, Fischziege, Öllampe, Wasserhuhn. Das Alter des Tierkreises ist mit guten Gründen bis mindestens 3000 v. Chr. zurückzuverlegen, wenngleich die aufgefundenen bildlichen Darstellungen wahrscheinlich erst ins 12. Jahrhundert v. Chr. zu setzen sind. Auch der Ursprung der Mondstationen (Mondhäuser) geht nach den Forschungen von Epping und Hommel auf die Babylonier zurück, es wurden deren 28, in älterer Zeit 36 gezählt; daß Araber, Inder, Chinesen diese Stationen von den Babyloniern entlehnt haben, ist mit Sicherheit nachgewiesen.

Der Lauf der Planeten wurde gleichfalls seit undenklichen Zeiten in Babylonien genau verfolgt; es sind Tafeln aufgefunden, auf denen heliakische Auf- und Untergänge der Planeten, ihre Konjunktionen, Stillstände und Stellungen zu Fixsternen verzeichnet sind; man hatte auch bereits die langdauernden Perioden aufgefunden, nach denen die Planeten ungefähr wieder in ihre alten Stellungen am Himmel zurückkehrten, so für Venus 8, für Merkur 46, für Saturn 59 Jahre. Jeder Planet war einer besonderen Gottheit geweiht, der Merkur dem Nabu oder Bebo (dem Boten der Götter), die Venus der Istar oder Astarte (Liebesgöttin), Mars dem Niedar (Kriegsgott), Jupiter dem Merodach (dem obersten Gott); auch in dieser Hinsicht erscheint die Anlehnung der Griechen an die Babylonier unzweifelhaft.

Bewundernswert sind die Leistungen der Babylonier in der Erforschung der Mondbewegung. Nach Kugler lösten die Babylonier im 1. Jahrtausend v. Chr. die Aufgabe, den Lauf des Mondes und die Zeiten des Neu- und Vollmondes zu bestimmen, durch etwa elf Rechenoperationen unter Berücksichtigung der vier von den Astronomen unterschiedenen Mondperioden, nämlich des synodischen Monats, des siderischen Monats, der drakonitischen Mondperiode (von Mondknoten zu Mondknoten) und der anomalistischen Mondperiode (von Erdnähe zu Erdnähe). Die von den babylonischen Astronomen für diese vier Perioden angegebenen Werte stimmen vollständig mit den von Hipparch angewendeten überein, so daß über den babylonischen Ursprung der letzteren kein Zweifel sein kann. Jene Beträge weichen von den heut feststehenden nur um wenige Sekunden ab, ja die Länge des synodischen Umlaufs ist bis auf $1/2$ Sekunde genau, woraus sich leicht der Schluß ziehen läßt, daß diesen Ermittelungen eine vielhundertjährige Beobachtungsreihe zu Grunde gelegen haben muß. Es ist daher die Überlieferung durchaus glaubhaft, daß Kallisthenes, der Neffe des Aristoteles, für diesen babylonische Beobachtungen gesammelt habe, deren älteste vor damals 1903 Jahren, also um die Mitte des 23. Jahrhunderts vor Christo angestellt worden sei, und daß in den Archiven der Tempel noch weit ältere Beobachtungen aufbewahrt worden seien.

Für die Finsternisse vermochten die Babylonier die richtige Erklärung nicht zu geben, zumal ihnen die Lehre von der Kugelgestalt der Erde fremd geblieben zu sein scheint. Dagegen benutzten sie die Finsternisse, insbesondere die des Mondes, zur genauen Feststellung der Sonnenörter und damit der Lage der Ekliptik. Auch die Ungleichmäßigkeit der Sonnenbewegung in der Ekliptik war ihnen bekannt, doch lag ihnen eine Erklärung, wie Hipparchs Theorie der exzentrischen Kreisbahn, fern; sie nahmen darum auch keine allmähliche Änderung der Schnelligkeit, sondern einen sprungweisen Übergang an, indem sie die Sonne in

einem größeren Teil der Bahn (194°) täglich 1 Grad, in dem kleineren aber täglich nur 56′ 15″ zurücklegen ließen. Auch die verschiedene Länge der Jahreszeiten wurde von ihnen bis auf 1/2 Tag genau bestimmt. Ihre Methoden zur Vorausberechnung der Mondfinsternisse haben nach Kugler große Ähnlichkeit mit den Ptolemäischen und müssen als deren Vorläufer angesehen werden.

Überraschend ist auch, daß die Babylonier zu Ende des letzten Jahrhunderts v. Chr. nicht nur die scheinbare Größe der Sonnen- und Mondscheibe gekannt, sondern auch die Schwankungen der letzteren ziemlich genau ermittelt haben. Ob wirklich Messungen zu Grunde liegen, oder ob die Veränderlichkeit aus den Unterschieden bei den ringförmigen und totalen Sonnenfinsternissen erschlossen worden ist, weiß man nicht. Doch werden als größter und kleinster Grenzwert 34′ 16″ und 29′ 27″ angegeben, während die wahren Werte 32′ 52″ und 29′ 30″ sind.

Von Beobachtungsinstrumenten ist aus jenen Zeiten merkwürdigerweise nur der Gnomon (der lotrechte, an der Spitze durchlochte Stab) überliefert, jedoch ist eine Abbildung davon bisher ebensowenig gefunden, wie von irgend einem Winkelmeßinstrument. Wahrscheinlich haben sich die Babylonier auf Schätzungen nach dem Augenmaß beschränkt. Die Zeit wurde nach alten Überlieferungen durch Wasseruhren gemessen. —

Was den Griechen gegenüber jenen Leistungen als Eigentum bleibt, ist die Schöpfung eines Weltsystems, das auf der Anwendung der Geometrie beruht, während die Babylonier in der Geometrie nicht über die primitivsten Kenntnisse hinausgelangt sind. Die von Apollonius in die Astronomie eingeführte Theorie der Cykel und Epicykel und die von Hipparch aufgestellte Theorie des exzentrischen Kreises, die von Ptolemäus zu der des doppelt exzentrischen erweitert wurde, werden immer als Errungenschaften des spekulativen hellenischen Geistes gelten müssen. *P.*

4. Unterricht und Methode.

Die Statik auf der Oberstufe. H. Kleinpeter erhebt in einer Programm-Abhandlung „Zur Einführung in die Physik auf der Oberstufe“ (Gymnasium zu Gmunden 1903) entgegen dem Verfahren neuerer Lehrbücher die Forderung, daß die Statik der Dynamik voranzustellen sei. Er macht geltend, daß wir nicht Kirchhoffsche Mechanik lehren, sondern bei der klassischen Mechanik bleiben sollten, wie sie aus den Händen der großen Klassiker des 17., 18., und der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts hervorgegangen sei, und daß dem Prinzip von D'Alembert zufolge die Dynamik als ein besonderer Fall der Statik angesehen werden müsse, also dieser nachzufolgen habe. Die Berufung auf die Klassiker ist wenig glücklich, denn gerade die Newtonsche Mechanik, die noch heute die Physik beherrscht, hat die Grundgesetze der Bewegung und damit die dynamische Betrachtungsweise an den Anfang gestellt. Der Vorwurf unhistorischen Vorgehens, den der Verfasser gegen die von der seinigen abweichenden Behandlung erhebt, ist also auf die angegebene Art nicht zu rechtfertigen. Man kann auch nicht sagen, daß durch D'Alemberts Prinzip die Dynamik auf die Statik zurückgeführt sei; denn erstens bleibt bei ihm die dynamische Kräftemessung bestehen, zweitens aber bildet ja hier die Statik den Grenzfall (wie es strenger statt „Spezialfall“ heißen muß) der Dynamik, es müssen bewegende Kräfte eingeführt werden, um die Gleichgewichtsbedingungen aufzustellen. Auch läßt sich das eben gekennzeichnete Verhältnis von Statik und Dynamik nicht nach Belieben umkehren, ebenso wie man zwar den Kreis als Grenzfall der Ellipse, aber nicht die Ellipse als Grenz- oder Spezialfall des Kreises ansehen kann. —

Es ist ferner nicht gerechtfertigt, zu sagen, daß zur Messung von Kräften die Wage diene, daß somit die Besprechung der Wage — gemeint ist nur die Hebelwage — vor der dynamischen Definition der Kraft erfolgen und daher auch aus diesem Grunde die Statik der Dynamik vorangehen müsse. Denn wir sind bekanntlich durchaus nicht genötigt, die Wage zur Messung der Kräfte heranzuziehen, und wenn dies selbst der Fall wäre, so könnte dies noch keinen zwingenden Grund abgeben, die gesamte Statik vor die Dynamik zu stellen.

Der didaktische Grund endlich, daß das Leichtere dem Schwereren vorangehen müsse, ist an sich berechtigt und hat auch sein historisches Gegenstück darin, daß die Statik lange vor der Dynamik in Angriff genommen worden ist. Die Betrachtung des Gleichgewichts an den sog. einfachen Maschinen ist zweifellos einfacher als die Erfassung der Grundbegriffe der Dynamik; aber sie bringt den großen Nachteil mit sich, daß sie die eigentliche Natur dieser Maschinen, nämlich daß sie Arbeitsmaschinen sind, verschleiert. Grade wenn man das Handgreifliche an diesen Maschinen betont (wie der Verfasser), muß man einer Behandlung, wie sie Grimsehl neuerdings angeregt hat, den Vorzug zuerkennen. Schon auf der Unterstufe wird daher mit der statischen Betrachtung die dynamische zu verbinden sein, wenn man nicht zu ganz falschen Vorstellungen über die Natur der Maschinen Anlaß geben will.

Als Prinzip für die Behandlung der Mechanik stellt der Verfasser auf, daß das Schwergewicht auf die Entwicklung der Grundgedanken der Wissenschaft zu legen sei. Zu dem Zweck will er sich an den historischen Gang halten und erkennt in Machs „Mechanik in ihrer Entwicklung“ ein Buch, „das wir nur den Anforderungen der Mittelschule ein wenig anzupassen haben, um das beste Lehrbuch der Mechanik vor uns zu haben.“ Wir stehen dem Verf. an Wertschätzung des Machschen Werkes gewiß nicht nach, aber doch haben wir gegen den von ihm gemachten Vorschlag die ernstesten Bedenken. Da er seinem Vorschlag eine kurze Übersicht über den von ihm für zweckmäßig gehaltenen Lehrgang hinzufügt, so knüpfen wir am besten an diese an.

Einleitende Betrachtungen über die Aufgabe der Physik und die ersten Anfänge physikalischen Wissens schließen mit der Bemerkung, daß die Physik den Zweck habe, „uns das auf möglichst einfache Art kennen lernen zu lassen, was Tausende vor uns beobachtet und erfahren haben.“ Daran soll sich als erstes Beispiel der archimedische Hebelbeweis schließen. Der Verfasser gibt jedoch selber hinterher (nach Mach) die Einwände an, die der Bündigkeit dieses Beweises entgegenstehn, (wobei sogar der wesentlichste noch fehlt, nämlich, daß bei der paarweisen Zusammensetzung der Kräfte der Drehpunkt als solcher garnicht beachtet wird). Ja er fügt hinzu, daß auch alle späteren Beweisversuche fruchtlos geblieben sind und bleiben mußten, daß das Hebelgesetz vielmehr auf den Ergebnissen tausendfacher Beobachtungen beruhe. Wir lassen das letztere dahingestellt; aber der Einwurf dürfte hier am Platze sein, warum man die Schüler überhaupt mit solchen „fruchtlosen“ Beweisversuchen behelligen soll. Referent bekennt, es selber wiederholt mit dem archimedischen Beweis im Unterricht versucht und sich von der Unfruchtbarkeit des Verfahrens überzeugt zu haben. Was von historischen Leistungen nicht noch heut zum Fundament der Wissenschaft gehört, hat im Unterricht keine Berechtigung.

Der Verfasser geht dann zum statischen Kraftbegriff über: „Die Physik versteht unter dem Worte Kraft immer einen Zug oder einen Druck [1].“ — „Zwei Kräfte heißen gleich, wenn sie sich an einem gleicharmigen Hebel das Gleichgewicht halten.“ Daß zur Definition der Gleichheit von Kräften die Wage nicht erforderlich ist, wurde schon oben bemerkt; auch wenn es keine Hebel gäbe, könnte die Physik Kräfte vergleichen und messen. Zutreffend sind des Verfassers Darlegungen über die Fiktion des starren Systems. Er erweitert dann das Hebelgesetz zu dem von Leonardo da Vinci gefundenen Satz von den statischen Momenten, scheint sich aber mit der experimentellen Bestätigung begnügen zu wollen.

Hiernach wird das Prinzip der Arbeit am Hebel erläutert. Dazu wird der traditionelle Kunstgriff angewandt, daß man „den Hebel um einen kleinen Winkel verschiebt“. Über dieses Verfahren, das nichts weniger als den Übergang von der Statik zur Dynamik bedeutet, herrscht vielfach nicht die nötige Klarheit. Man darf dabei nicht an einen willkürlichen Anstoß von außen denken, sondern hat sich vorzustellen, daß der Kraft ein kleines

[1]) Obige These ist so fundamental und zugleich nach so vielen Seiten anfechtbar, daß der Ref. auf eine Erörterung innerhalb dieses Berichtes verzichten muß. Eine eingehendere Behandlung wird der Gegenstand in den „Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft“ finden.

Übergewicht hinzugefügt wird. Bei der dadurch erzeugten Bewegung sind die Arbeiten von Kraft und Last einander entgegengesetzt gleich, die Arbeit des Übergewichts aber wird, abgesehen von der Überwindung der Reibung, dazu verwandt, dem ganzen System eine gewisse Geschwindigkeit zu erteilen. An dieser Stelle wird deutlich, daß ein volles Verständnis der Arbeitsleistung an den einfachen Maschinen garnicht möglich ist ohne die Dynamik, und daß daher diese ganze Betrachtung der Dynamik anheimfällt, was auf der Oberstufe um so leichter angeht, als die Kenntnis der Gleichgewichtsbedingungen schon auf der Unterstufe übermittelt zu werden pflegt.

Das Gesetz der Flaschenzüge will der Verfasser aus dem Hebelprinzip oder aus dem Arbeitssatz ableiten. Wir vermögen beides nicht zu billigen; das erste nicht, aus dem schon bei der festen Rolle angeführten Grunde, das zweite nicht, weil der Arbeitssatz einstweilen nur am Hebel konstatiert, aber als allgemeines Prinzip noch nicht hinreichend beglaubigt ist. [Wenn der Verfasser beiläufig sagt, „geradeso wie das Arbeits- aus dem Hebelgesetz, folgt auch letzteres aus dem ersteren“, so ist dies schon in rein logischer Hinsicht nicht haltbar, so wenig wie oben die Umkehrung des Verhältnisses von Statik und Dynamik.] Die einzig angemessene Herleitung der Flaschenzuggesetze muß auf die Betrachtung der Spannungen der Seile zurückgehn, die der Verf. aber nur nebenher anführt.

Das „Prinzip“ der schiefen Ebene wird auf Stevins mehr geistreiche, als überzeugende Ableitung gestützt, außerdem noch auf Galileis höchst sinnreiche Ableitung aus dem Hebelgesetz. Beide Ableitungen sind überflüssig geworden, seit der Satz vom Kräfteparallelogramm als physikalisches Prinzip erkannt ist. Doch wird insbesondere Stevins Betrachtung immer noch Interesse verdienen, wenn sie nicht, wie hier, zum Hauptbeweismittel gemacht wird.

Es folgt „das Prinzip der Arbeit und das der schiefen Ebene“. Hier wird das erste aus dem zweiten auf bekannte Weise entwickelt, dann aber merkwürdigerweise die drei Sätze des Hebels, der schiefen Ebene und der gleichen Arbeit wie drei „Prinzipien“ einander koordiniert. In gewissem Sinne haben ja historisch die ersten beiden auch die Rolle von Prinzipien gespielt, es ist aber verwirrend, sie heut noch als solche zu bezeichnen. Wie ganz anders wurzelhaft stellen sich im Vergleich zu jenen Sätzen die drei Galilei-Newtonschen Prinzipien der Trägheit, der Unabhängigkeit und der Gegenwirkung dar!

Erst am Schluß behandelt der Verf. die „graphische Darstellung von Kräften“ und den „Satz vom Kräfteparallelogramm“. Aus der Analogie der graphischen Darstellung von Kräften und von komplexen Zahlen will er folgern, daß wie für letztere, so auch für erstere die Summation nach dem Parallelogrammschema auszuführen sei. Er stellt die kühne Behauptung auf, der Satz vom Kräfteparallelogramm ergebe sich somit als notwendige Konsequenz des Kraftbegriffs — freilich um dies sofort wieder zurückzunehmen, da die erschöpfende Darstellbarkeit einer Kraft durch eine komplexe Zahl eine bloße Annahme sei. Nach diesem willkürlichen Spiel mit Analogien und Behauptungen wird der Parallelogrammsatz als ein Erfahrungssatz hingestellt und seine eigentliche Bekräftigung in die Konsequenzen gelegt, die sich aus ihm ziehen lassen. [Aber dennoch wird eine Seite später wiederum der Parallelogrammsatz als eine Folge des eingeführten Kraftbegriffs bezeichnet!]. Aus dem Parallelogrammsatz werden die Sätze vom Hebel und von der schiefen Ebene (hier wieder als allgemeine „Grundsätze“ bezeichnet) in der üblichen Weise abgeleitet. Es soll endlich auch „die Gültigkeit des Satzes von der Gleichheit der Arbeiten“ aus dem Parallelogrammsatz „erwiesen“ werden. Der gegebene, sehr abstrakte und umständliche Beweis zeigt im Grunde nichts weiter, als daß die Komponenten der Seitenkräfte, genommen in der Richtung der Resultierenden, zusammen gleich der Resultierenden sind, woraus sofort die Gleichheit der Arbeiten für den Fall der virtuellen Verschiebung eines Punktes, der von drei im Gleichgewicht befindlichen Kräften angegriffen wird, sich ergibt. Es ist damit aber für das Verständnis der allgemeinen Gültigkeit des Arbeitsbegriffs wenig gewonnen.

Ein kurzer Hinweis auf die deduktive Behandlung der Statik bildet den Schluß der Abhandlung. — Wir müssen gestehen, daß die Einführung überwundener historischer

Gesichtspunkte auf diesem Gebiet uns mehr Schaden als Nutzen zu stiften scheint. Könnte je wieder etwas der auch von uns hochgehaltenen Forderung, „daß das historische Element ganz besondere Berücksichtigung verdiene“ gefährlich werden, so wäre es der Mißgriff, das historische Material bruchstückweise und ohne Einheitlichkeit in den Unterrichtsgang zu übernehmen. Hat doch Mach selbst, der in seiner „Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch betrachtet“ mit Archimedes beginnen mußte, da hier die geschichtliche Abfolge das von vornherein gewählte Anordnungsprinzip bildete, in seiner Naturlehre für die Oberstufe mit Galilei begonnen und ist von da über Huygens zu Newton fortgeschritten, um erst nach dem Kraft- und Arbeitsmaße (Leibniz, Poncelet, § 53) zum Parallelogrammsatz (§ 54) und mittels seiner zu den Archimedischen Sätzen vom „Schwerpunkt“ (§ 58) und den Maschinen (§ 61 ff.) überzugehen. Es wäre sicher verfehlt, im Unterricht historischer sein zu wollen, als der hervorragendste Vertreter der historischen Betrachtungsweise selber für angemessen erachtet hat. Nur auf der Unterstufe begann Mach mit einfachen statischen Aufgaben; was hier sehr wohl neben anderen didaktischen Möglichkeiten in Erwägung zu ziehen ist, da für die Unterstufe alle irgendwie feineren logischen Rücksichten auf Einheitlichheit der Begriffsbildung und Konsequenz der Systematik ohnedies noch verfrüht wären. *P.*

---

5. Technik und mechanische Praxis.

Fortschritte der Bogenlichttechnik. Bereits im vorigen Jahrgang dieser Zeitschrift (*S. 111÷114, 1902*) ist über das Bremerlicht berichtet worden. Seither hat nun die Bremerlampe nicht nur selbst vielfältige Verwendung, sondern auch Nachahmung gefunden, insofern als z. Z. von einer ganzen Anzahl von Firmen Bogenlampen hergestellt werden, welche ebenfalls für die Verwendung metallsalzhaltiger Kohlen gebaut sind, die in spitzem Winkel zu einander stehen; wir haben mit einer neuen Gruppe von Bogenlampen zu rechnen, die wir wegen des ihnen eigentümlichen relativ langen und stark selbstleuchtenden Lichtbogens zweckmäßig als „Flammenbogenlampen“ bezeichnen. H. Bremer gebührt, und das ist verschiedenen, zum Teil anscheinend auf ungenügender Kenntnis der Vorgeschichte beruhenden Angriffen gegenüber nachdrücklichst zu betonen, das Verdienst, durch Herstellung seiner Kohlen die Flammenbogenlampen in die Praxis eingeführt zu haben; er hat damit ein Problem gelöst, an dem bereits seit 1852 (Watson & Slater) eifrig, aber ohne Erfolg, gearbeitet ist (Carré und Gaudoin 1875, Jablochkoff 1876, Gebr. Siemens 1879). Eine ausführliche Darstellung des Gegenstandes habe ich vor einiger Zeit an andrer Stelle gegeben (*Verh. Dtsch. Phys. Ges. V, 157÷176, 1903*); ich habe dort unterschieden zwischen Bogenlichtelektroden erster Art, wie sie in den gewöhnlichen Bogenlampen zur Verwendung kommen, möglichst nur aus Kohle und frei von mineralischen Beimengungen, und solchen zweiter Art, absichtlich mit mineralischen Zusätzen versehen, den Flammenbogenlichtelektroden. Die letzteren geben nun schon in Lampen gewöhnlicher Form — mit senkrecht übereinander stehenden Kohlen — eine wesentlich bessere Energieausnutzung, bei 7 Amp. und 40 Volt Gleichstrom z. B. 1350 HK statt 610 HK, mittlere hemisphärische Lichtstärke, ihre Vorteile kommen aber erst bei der Winkelanordnung der Elektroden voll zur Geltung,



Fig. 1.

wobei der Bogen die in Fig. 1 dargestellte Form annimmt. Die hier ganz andere Licht verteilung als bei den gewöhnlichen Bogenlampen zeigt Fig. 2 nach Versuchen von W. Wedding (*E. T. Z. XXIII, 702—709, 1902*) für je 7 % Ba-(weiß), Sr-(rot) und Ca-(gelb) Salzzusatz. Die Ökonomie des Flammenbogenlichtes ändert sich außerdem mit der Zusatzmenge, und zwar sinkt bei wachsendem Zusatz der spezifische Wattverbrauch erst rasch, dann langsamer, wie Fig. 3 ebenfalls nach Messungen von W. Wedding zeigt. Das Spektrum des Bogens von Originalbremerkohlen ist ein ausgesprochenes Bandenspektrum von recht verwickeltem Bau mit starkem Rot und Gelb, aber auch vielen Linien im Blau und einigen im Violett (B. v. Czudnochowski, *Verh. Dtsch. Phys. Ges. V, 170, Fig. 12*). Der in den Elektroden verlaufende Strom erzeugt nun bei Winkelstellung dieser ein Feld, welches hinreicht, um nicht nur ein Aufsteigen des Bogens zu verhindern, sondern auch diesen nach unten auszubreiten, wenn der Winkel der Elektroden 15—45° beträgt, sodaß man in diesem Falle von der Anwendung eines Blasmagneten absehen kann. (Zeidler, *E. T. Z. XXIV, 167 ÷ 172, 1903*). Wendet man aber einen solchen an, so darf dieser nicht zu kräftig wirken, da er sonst durch übermäßiges Auseinandertreiben des Bogens die Lichtstärke sehr vermindert und den Energieverbrauch erhöht (Versuche von Gebr. Siemens). Äußerst lästig und bei den älteren Versuchen vielfach die Veranlassung, diese aufzugeben, sind die durch Zersetzung bezw. Verdampfung der mineralischen Beimengungen veranlaßten Dämpfe, welche der Anwendung der Flammenbogenlampen in geschlossenen Räumen hinderlich sind; hiergegen hat Bremer eine besondere Kondensationskammer konstruiert, in welcher die Verbrennungsgase die festen Bestandteile ablagern sollen. Zur Beseitigung des bei Flammenbogenlampen besonders reichlich auftretenden NO_2 verwenden Gebr. Siemens (D.R.P.) $(NH_4)_2CO_3$ in Mengen von einigen g für den Tag und die Lampe. Endlich sei noch einer sinnreichen Anordnung von Körting & Mathiesen gedacht, welche ein Verschmutzen des Lampenwerkes durch den Niederschlag der Dämpfe verhindern soll; hier legt sich nämlich eine am Lampengestänge befestigte Scheibe, welche in der Mitte einen Sparreflektor aus Chamotte trägt, auf einen in der Laterne angebrachten Ring, sodaß zwischen Brennraum und Werk ein besonderer abgeschlossener und für sich ventilierter Raum eingeschaltet ist. Über die chemischen Vorgänge im Flammenlichtbogen fehlen bisher Untersuchungen; sie sind jedenfalls

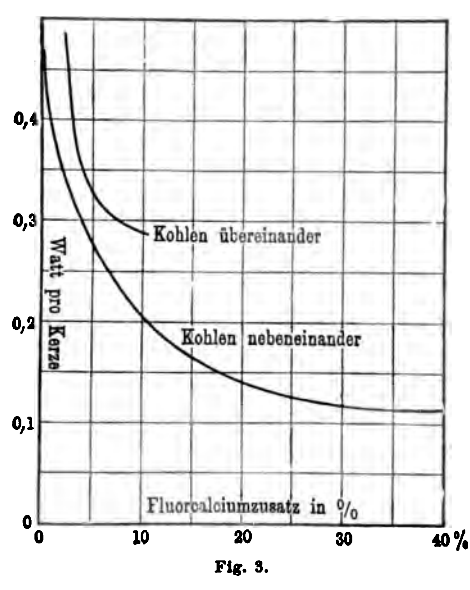


Fig. 3.

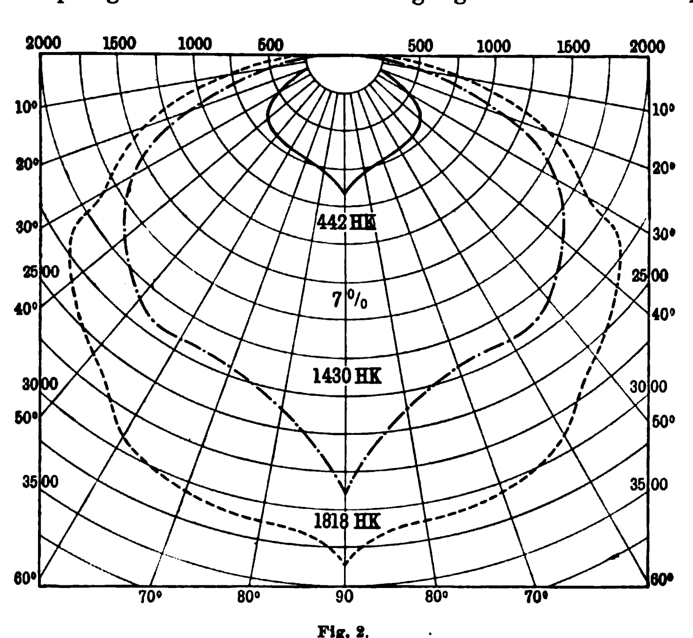


Fig. 2.

nicht einfach. Durch Diskussion der Möglichkeiten bei bestimmten Voraussetzungen, nämlich daß die Elektroden $CaFl_2$ und $Na_2B_4O_7$ enthalten, läßt sich nur ableiten (B. v. Czudnochowski, *a. a. O. 171÷173*), daß durch deren Zersetzung entstehen könnten:

$$Fl, \quad CaC_2, \quad BFl_3, \quad HFl, \quad HBFl_4,$$

und zwar hängt das Auftreten der drei letztgenannten einzig und allein ab von dem ganz unwahrscheinlichen Zerfall des $Na_2B_4O_7$. Dem entsprechen auch vollkommen die Ergebnisse der — soweit mir bekannt — bisher einzigen diesbezüglichen Untersuchung von K. Arndt, der diese höchst gesundheitsschädlichen Gase in den Verbrennungsgasen nicht nachzuweisen vermochte. Die neueren Bremerlampen, Fig. 4, sind von gänzlich anderer Einrichtung als die früher in dieser Zeitschrift beschriebenen (*XV, 114, Fig. 7 und 8*). Es sind an ihnen Anordnungen für folgende Zwecke zu unterscheiden: 1) Nachschub der Elektroden, 2) Regelung des Lichtbogens, 3) Zündeinrichtung, 4) Verhütung ungleichen Abbrandes der Elektroden, 5) Kurzschließer; die Figur ist etwas schematisch, insofern als ein Auseinanderziehen bezw. Umklappen sonst anderes verdeckender Teile stattgefunden hat, jedoch ohne daß dabei die Funktionen der Teile in der Zeichnung geändert sind. Es ist: *L* das Laufwerk, *D* das elektrische Differentialwerk (Hauptstrom- und Nebenschlußspule), *F* die durch die Schraube *S* in ihrer Spannung veränderliche Regulierfeder zum elektrischen Einstellen der Lampe, *RS* die mittels eines Schiebers die Spitze der — Kohle bewegende Regulierstange, *ZM* Zündmagnet mit Anker *A*, *ZS* Zünderstange, *Z* Zünder, *T* Teller, *B* Blasmagnet, *R* Reflektor (Sparer), *M* die Elektrodenspitzen abkühlende Metallmassen zur Verhütung ungleichen Abbrandes, *K* Kurzschließer, *EW* Ersatzwiderstand. Der Elektrodenwinkel beträgt 36°; da die Kohlen am Rande nichtleitende Schlacken bilden, so ist der Zünder nötig, welcher durch Entfernung von *Z* und der — Kohle voneinander zwischen diesen beim Einschalten einen Lichtbogen erzeugt, welcher durch eine zweite miteingeschaltete Wickelung von *B* nach der + Kohle hinübergetrieben wird. Die Kohlen von Gebr. Siemens enthalten die Zusätze nur im Docht, geben daher keine Schlackenränder und machen diese Zündeinrichtung bei den für ihre Anwendung bestimmten Lampen entbehrlich.

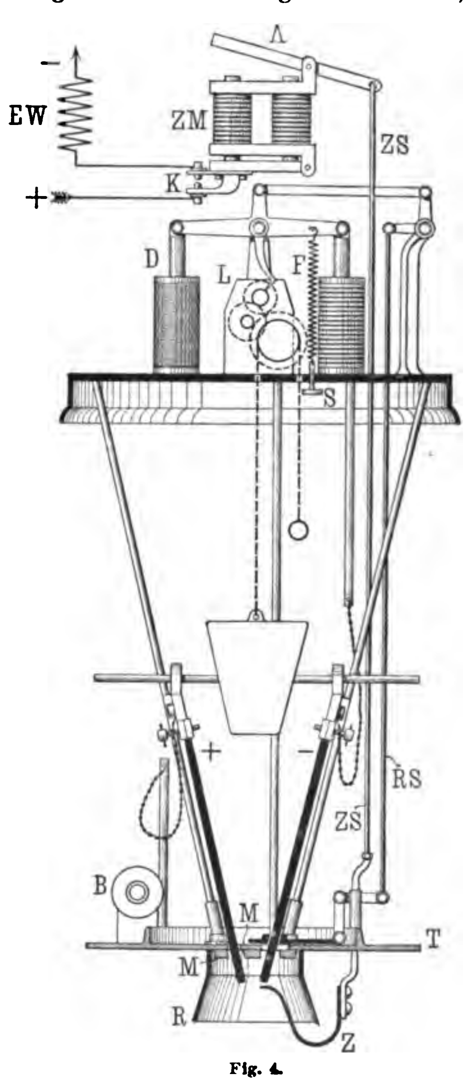


Fig. 4.

Eine hübsche Neuerung, die ebenfalls auf eine längere Vorgeschichte zurückblicken kann, sind die Kleinbogenlampen, welche zu den Dauerbrandlampen (mit eingeschlossenem Bogen) gehören, wie die „Piccololampe" der El.-Ges. „Sirius" vormals Hansen in Leipzig für 1÷2 Amp. 110 Volt, die Lampe von Benard 1÷1½ Amp. 110 Volt (*Electrician LI (No. 7), 309, 1903*) und die „Liliputlampe" von Siemens & Halske (*Prometheus XIV, 507÷508, 1903*) 2÷3 Amp. 80 Volt. Diese Lampen zeichnen sich durch ihre für Bogenlampen überraschende Kleinheit aus; sie sind ca. 30 cm lang, die Liliputlampe besitzt einen Mantel von 6 cm Durchmesser, eine Glocke von 8 cm Durchmesser, Spezialkohlen von 5 mm Durchmesser und 190 bezw. 65 mm Länge, sodaß der Rest der Oberkohle als Unterkohle aufgebraucht werden kann. Die Außen-

ansicht zeigt Fig. 5; die Helligkeit beträgt bei 2 Amp. 130 HK, bei 3 Amp. 280, der spezifische Wattverbrauch 1,2 bezw. 0.85 Watt. Die höhere Spannung der beiden anderen Lampen ist dadurch veranlaßt, daß diesen der Vorschaltwiderstand gleich eingebaut ist. Diese Lampen besitzen sämtlich ein sehr einfaches, nur aus einer Spule und einer die Oberkohle festhaltenden und von der Spule beeinflußten Klemmvorrichtung bestehendes Werk und sind ihrer Kleinheit wegen auch zu mannigfacher Anwendung in Beleuchtungskörpern befähigt.

Den Gegensatz zu diesen hinsichtlich Stromstärke und Energieverbrauch bilden die Horizontallampen für Scheinwerfer, welche für 30 ÷ 150 Ampere gebaut werden. Bei diesen handelt es sich um verhältnismäßig bedeutende Gewichte, welche mit derselben Genauigkeit bewegt werden müssen, wie die entsprechenden nur leichten Teile der gewöhnlichen Lampen und demgemäß bedeutende Kräfte erfordern. Hierzu ist nun der Elektromotor sehr geeignet und es sind auch schon zahlreiche „Motorlampen" konstruiert worden (die erste von Tschikoleff 1876). Besondere Genauigkeit bezweckt nun eine Neukonstruktion von Schuckert & Co., deren Schema Fig. 6 zeigt. *a* und *b* sind die beiden Kohlenhalter, bewegt durch die doppelgängige Schraubenspindel *c* längs der Führung *d*; *c* erhält seine Bewegung durch das Zahnrad *e* von einem Differentialgetriebe aus. Der Motor *f* besitzt nämlich einen ebenfalls um eine, der Ankerachse konzentrische Achse drehbaren Feldmagnet; Anker und Feldmagnet, welche auf je eines der Räder des Differentialgetriebes wirken, streben nun sich gegeneinander zu verdrehen, werden aber daran durch von *g* und *h* betätigte Arretierungen gehindert. Je nachdem die Spannung oder Stromstärke zu groß ist, wird die eine oder andere Arretierung gelöst und damit die Drehung des Ankers oder des Magneten freigegeben, wodurch die Zwischenräder des Getriebes sich auf dem stillstehenden Rade abzuwälzen und damit eine Drehung von *c* im einen oder anderen Sinne zu veranlassen gezwungen sind (*Elektrotechn. Rundschau XX, 161, 1903*).

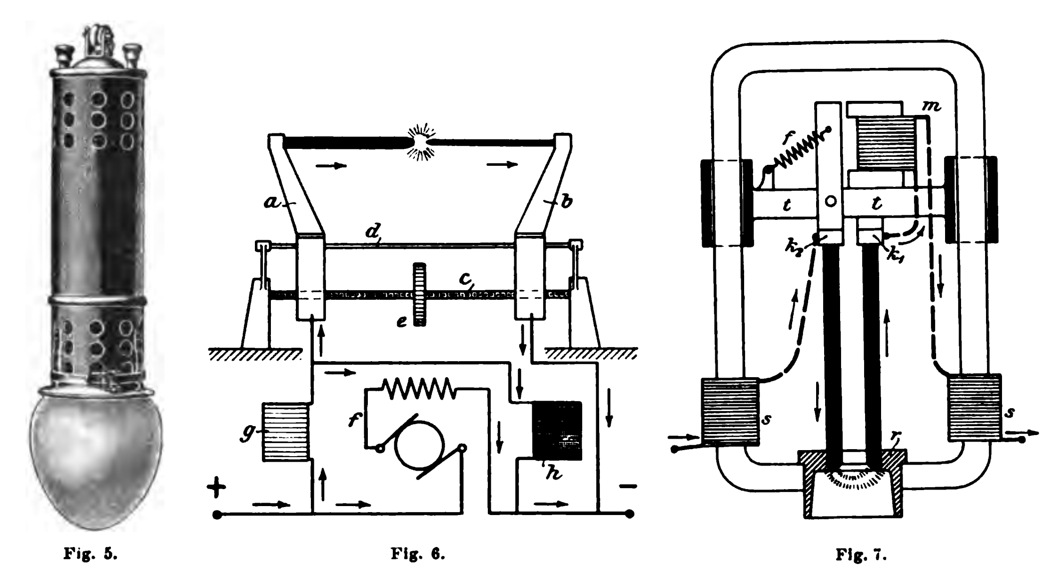


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

Dieser Lampe gegenüber recht einfach ist die eigenartige Konstruktion von Siemens & Halske, Fig. 7. Auf einem aus Eisen hergestellten Rahmen gleitet mittels zweier Hülsen die Traverse *t* mit dem festen Kohlenhalter k_1 und dem um eine Achse beweglichen k_2, welcher einerseits vom Magneten *m*, andrerseits von der Feder *f* beeinflußt wird. Die beiden Spulen *s s* wirken blasend auf den Bogen; der Reflektor *r* enthält eine Auskerbung, in welche sich die eine Kohle stützt und so nur ein Sinken von *t* entsprechend dem Abbrande zuläßt. Die normale Stellung der Kohlen ist parallel, wir haben also ein Wiederaufleben der elektrischen Kerze in umgekehrter Stellung und von besonderer Brauchbarkeit für Flammenbogenkohlen vor uns (*El. Rundschau XX, 207 ÷ 208, 1903*). *W. B. von Czudnochowski.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Theophrastus Paracelsus, sein Leben und seine Persönlichkeit. Ein Beitrag zur Geistesgeschichte der deutschen Renaissance. Von Franz Strunz. Leipzig, Eugen Diederichs, 1903. 126 S. M 4,—, geb. M 5.

Theophrastus Paracelsus, das Buch Paragranum. (Der Neuausgabe I. Band.) Herausgegeben und eingeleitet von Franz Strunz. Leipzig, Eugen Diederichs, 1903. 112 S. M 4,—, geb. M 5.

„In der Geschichte der Methode der Naturforschung gehört er zu den Größten der Renaissance", so kennzeichnet der verdienstvolle Verfasser seinen Helden und rückt ihn dadurch in den eigensten engeren Bereich unserer Zeitschrift. Ein „Wirklichkeitsbeobachter" und ein „Vorläufer Giordano Brunos", der „Wegbereiter einer modernen, auf biologischen und chemischen Grundlagen sich erhebenden Heilkunde", ein Denker, in dessen Spuren Comenius und van Helmont wandeln. Seine Theorie von den drei substanzbildenden Qualitäten, Sulfur, Merkurius, Sal, ist fast mehr chemisch als naturphilosophisch und entspricht den chemisch-physikalischen Phänomen der Brennbarkeit, der Verflüssigung, der Erstarrung. Ihn beseelt der Drang zum „Lichte der Natur", zu methodischer Induktion und systematischer Erkenntnis. Aber höher noch zu werten ist das Reinmenschliche der Persönlichkeit, die der Verfasser vor unserem geistigen Auge lebendig zu machen weiß, sodaß wir mit Ergriffenheit den Schicksalswegen des merkwürdigen Mannes folgen und den Atemzug einer dem Höchsten zugewandten Seele verspüren. Die Neuausgabe, deren erster Band in dem „Buch Paragranum" vorliegt, wird sicher dazu beitragen, das Interesse für den fast vergessenen Heros der deutschen Renaissance neu zu beleben. *P.*

Vorlesungen über theoretische Physik von H. v. Helmholtz. Bd. VI, Theorie der Wärme. XII und 418 S. mit 40 Figuren. Leipzig, Joh. Ambrosius Barth, 1903. M 16,— geb. M 17,50.

Unter den Bänden der Helmholtzschen Vorlesungen über theoretische Physik, welche wir der Pietät seiner Schüler verdanken, nimmt der zuletzt erschienene, welcher die Vorlesungen über die Theorie der Wärme enthält, einen ganz besonders hervorragenden Platz ein. Der Herausgeber dieses Bandes, Hr. Prof. Richarz in Marburg, hat mit glücklicher Hand aus ihm vorliegenden Stenogrammen, sowie aus eigenen Aufzeichnungen auf seiner Studienzeit die Vorlesungen in ihrer ganzen Frische und Unmittelbarkeit reproduziert, sodaß die Lektüre, oder besser das eingehende Studium dieser Vorlesungen jedem Physiker auf das dringendste empfohlen werden muß. Es ist dieses Buch nicht allein ein sehr vollständiges Lehrbuch der Wärmetheorie, sondern auch der mit dem Gegenstand schon Vertrautere wird abgesehen von dem Genuß, den die vollendete Beherrschung des Stoffes und die spielende Leichtigkeit in der Überwindung der mathematischen Schwierigkeiten bietet, eine Fülle anregender Gedanken und reiche Belehrung aus diesem Buche schöpfen. Insbesondere dem Lehrer kann ein von pädagogischen Gesichtspunkten geleitetes Studium dieses Buches nicht warm genug empfohlen werden. Mit unfehlbarer Meisterschaft hat der große Denker und Forscher die Hauptsachen herausgehoben, die Nebensachen oft nur angedeutet. Freilich ist es schwer, einem solchen Muster nachzustreben, denn aus jedem Satz dieser Vorlesungen spricht nicht allein der tiefeindringende Denker, sondern auch der mit dem staunenswertesten Wissen ausgerüstete Gelehrte, dem für die Illustration der mathematisch begründeten Sätze die Gesamtheit der Naturkenntnis seiner Zeit von den gewaltigsten kosmischen Phänomenen bis zu dem Leben und Weben der Zellkerne zur Verfügung stand. Referent, der durch seine eigenen Arbeiten vielfach auf die Wege der thermodynamischen Forschung geführt wird, entsinnt sich nicht, in irgend einem Buche die begrifflich so schwierigen Probleme, die sich z. B. an den zweiten Hauptsatz und seine mechanischen Analoga knüpfen, in so klarer, einwandsfreier Weise entwickelt gefunden zu haben, wie in diesen Vorlesungen.

Die Physiker haben allen Grund, Hrn. Prof. Richarz für diese Herausgabe der Vorlesungen über Wärmetheorie dankbar zu sein. *H. Jahn.*

Thermodynamik. Von Dr. W. Voigt, Professor an der Universität Göttingen. I. Band. Einleitung: Thermometrie, Kalorimetrie, Wärmeleitung; Erster Teil: Thermisch-mechanische Umsetzungen. Mit 43 Fig. (Sammlung Schubert XXXIX). Leipzig, G. J. Göschen, 1903. 360 S. geb. M 10.

Dies ebenfalls unlängst erschienene Buch beschäftigt sich ausschließlich mit der Thermodynamik und ihren Anwendungen. Die Thermodynamik hat den physikalischen Wissenschaften schon große Dienste geleistet und ist nach der Ansicht des Referenten noch zu großen Dingen berufen. Fängt man doch erst jetzt an, das wichtige Gebiet der nicht umkehrbaren Vorgänge schüchtern zu betreten. Es ist daher ein dankenswertes Unternehmen, wenn ein gründlicher Kenner der Disziplin den augen-

blicklichen Stand der Kenntnisse in so klarer, exakter Weise darlegt, wie es Voigt in seinem Buche getan hat. Es war eine derartige Arbeit als Ergänzung des ausgezeichneten Buches von Planck um so erwünschter, als ja leider einerseits ein nicht unerheblicher Mißbrauch mit den halb oder garnicht verstandenen Hauptsätzen der Thermodynamik getrieben wird, während auf der andern Seite die Anhänger der mechanisch-kinetischen Theorien den thermodynamischen Betrachtungen als zu abstrakten, formalen Operationen mit Mißtrauen begegnen. Da ist es gut, wenn einmal in klarer, keinen Einwand duldender Weise dargelegt wird, was die Thermodynamik bereits geleistet hat, welche Probleme sie noch in Angriff zu nehmen hat; wenn aber gleichzeitig die Grenzen der Leistungsfähigkeit dieses wichtigen Teiles der theoretischen Naturforschung scharf gezogen und bezeichnet werden.

Diese doppelte Aufgabe hat W. Voigt in dem bisher erschienenen ersten Bande seines Lehrbuches vortrefflich gelöst. Das Buch wird sich als zuverlässiger Führer in dieses merkwürdige Wissensgebiet gewiß viele Freunde erwerben. *H. Jahn.*

Lehrbuch der Technischen Physik. Von Prof. Dr. Hans Lorenz. Erster Band: Technische Mechanik starrer Systeme. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1902. XXIV u. 625 S. M 15.

Das Buch ist in erster Linie für die Bedürfnisse des wissenschaftlich arbeitenden Ingenieurs, sowie für solche Mathematiker geschrieben, die eine vorwiegend aufs Praktische gerichtete Lehrtätigkeit ausüben. Daher lehnt sich der ganze Aufbau des Buches an die wichtigsten technischen Anwendungen der Mechanik an, obgleich Probleme von rein wissenschaftlicher Bedeutung nicht ganz ausgeschlossen sind. Wenngleich, wie Verfasser im Vorwort hervorhebt, bei den Ableitungen nur die Kenntnis der analytischen Geometrie und der Elemente der Differential- und Integralrechnung vorausgesetzt wird, so sind die Anforderungen, die an das mathematische Verständnis des Lesers gestellt werden, keineswegs gering, besonders da fast durchweg rein analytische Methoden verwandt werden. Allerdings werden die mathematischen Hilfsmittel, welche außerhalb des Rahmens der analytischen Geometrie und der Infinitesimalrechnung liegen, im Buche selbst abgeleitet. Dahin gehört besonders die Theorie der periodischen Reihen, welche bei der Untersuchung zusammengesetzter Schwingungen in dem für praktische Zwecke notwendigen Umfange entwickelt wird, während die Untersuchungen über die Konvergenz der Reihen nicht mit aufgenommen sind.

Auf eine Trennung der Mechanik in Statik und Dynamik ist vollständig verzichtet. Der Einteilungsgrund geht am besten aus den Kapitelüberschriften hervor. Diese lauten: I. Geometrische Bewegungslehre. II. Geschwindigkeit und Beschleunigung. III. Die Relativbewegung. IV. Treibende Kräfte und Widerstandskräfte. V. Mechanik ebener Systeme. VI. Mechanik räumlicher Systeme. Dann schließt sich als VII. Kapitel ein „Abriß der geschichtlichen Entwickelung der Mechanik starrer Systeme“ an. Als wesentlich und zugleich von vielen anderen Darstellungen abweichend ist hervorzuheben, daß die Kräfte erst eingeführt werden, nachdem die Bewegung selbst vollständig behandelt ist. Dieses Verfahren hält Ref. für durchaus empfehlenswert. Es mag auf einer früheren Stufe der Kraftbegriff manchmal recht bequem zur Darstellung sein; aber im Interesse des logischen Aufbaus liegt es gewiß, wenn die Bewegungstatsachen von den Bewegungsursachen völlig getrennt behandelt werden. Mit großer, aber wohl berechtigter Ausführlichkeit sind bei den Widerstandskräften die gedämpften Schwingungen und die erzwungenen Schwingungen ohne und mit Dämpfung behandelt. Ebenfalls ist das ballistische Problem vollständig durchgerechnet. Den Schluß des vierten Kapitels bilden zwei Abschnitte über den Impuls und über die mechanische Arbeit, wobei zuletzt die Grundlagen des Potentialbegriffs entwickelt werden. Die Mechanik starrer Systeme bildet den Hauptbestandteil des Buches. Die Trennung in Mechanik ebener und räumlicher Systeme erklärt sich von selbst. Nachdem die Bewegungsgleichungen eines ebenen Systems, das D'Alembertsche Prinzip, der Flächensatz und das Prinzip der virtuellen Verschiebungen abgeleitet sind, werden diese Sätze auf ebene Probleme angewandt. Hier sind besonders zu erwähnen: das einfache und zusammengesetzte ebene Pendel, die zwangläufige Bewegung eines Stabes, das Kräftespiel im Kurbelgetriebe, der Reibungs- und Rollenwiderstand und die Bewegung der Fuhrwerke. Dann folgt der Stoß fester Körper. Betrachtungen über das Gleichgewicht und die Bewegung ebener Seilsysteme schließen das V. Kapitel. Im VI. Kapitel werden die räumlichen Probleme behandelt, von denen die Kreiselbewegung, die Theorie der Regulierung durch das Zentrifugalpendel und besonders der Massenausgleich mehrkurbliger Maschinen hervorzuheben sind. Das Schlußkapitel gibt einen sehr guten Überblick über die geschichtliche Entwickelung der technischen Mechanik. In diesem Kapitel hat Verf. noch Gelegenheit, die in dem Buche nicht benutzten Lagrangeschen Bewegungsgleichungen abzuleiten.

Das vorliegende Buch soll eine Brücke schlagen zwischen den Arbeiten des Theoretikers und denen des Praktikers. Es soll den Vertretern der Theorie zum Bewußtsein bringen, daß ihre Entwickelungen unmittelbarer Anwendung fähig sind, es soll dem Praktiker die Hilfsmittel der Wissen-

schaft zugänglich machen. Gewiß ist diese Arbeit ebenso verdienstvoll wie schwierig. Trotzdem muß zugestanden werden, daß es dem Verfasser wohl gelungen ist, dieses Bindeglied zu schaffen, wenn auch an die mathematische Schulung des praktischen Ingenieurs recht hohe Anforderungen gestellt werden. *E. Grimsehl.*

Der Äther, Vortrag gehalten am 3. April 1902 zu Utrecht im Ferienkursus für Gymnasial- und Realschullehrer. Von Dr. V. A. Julius. Aus dem Holländischen übersetzt von G. Siebert. Leipzig, Quandt & Händel. 1902. I u. 52 S.

Der Vortrag berichtet über die hauptsächlichsten Untersuchungen, in denen bisher die Eigenschaften des Äthers eingehend diskutiert worden sind. Der erste Teil bespricht zunächst den Gegensatz zwischen Descartes und Huyghens betreffs der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes und die Huyghenssche Anschauung von der Konstitution des Äthers, worauf Fresnels Annahme der Elastizität und der Unzusammendrückbarkeit, seine Lehre von dem Äther in Krystallen, von dessen verschiedener Dichte in verschiedenen Körpern und von der Mitführung des inneren und der Ruhe des äußeren Äthers bei der Bewegung der Körper entwickelt wird; dann folgt Cauchys Dispersionstheorie, Lord Kelvins Dichteabschätzung und die Erklärung der Aberration des Lichtes nach Fresnel, Stokes, Michelson und Morley, Lorentz und Fitz Gerald. Der zweite Teil handelt von den Grundvorstellungen Maxwells und geht besonders auf die Hypothesen von Lorentz, seine Elektronentheorie und Gravitationserklärung ein.

Der gelegentlich vorkommende Vergleich von Lord Kelvin und Maxwell mit Paganini und Joachim, indem bemerkt wird, Paganini habe seine Zuhörer durch seine nie erreichte Technik in höchstes Entzücken zu versetzen gewußt, Joachim vielleicht einmal einen einzelnen Ton nicht vollkommen rein hervorgebracht, aber seinen Zuhörern in die Seele gegriffen, ist, so fremdartig er im ersten Augenblicke berührt, doch sehr treffend.

Was der Verf. im übrigen von eigenen Urteilen vorbringt, kommt ebenfalls nur mehr beiläufig zur Sprache. In der Tat läßt sich auch nicht in so kurzer Zusammenfassung, wie es in der Einleitung geschieht, über den Wert oder den Unwert der Hypothese in der Physik entscheiden; wenn z. B. die Anwendung von Hypothesen bei Fresnel und bei van der Waals ohne weiteres als gleichbedeutend angesehen wird, trifft dies durchaus nicht die Sache, und der erkenntniskritische Standpunkt von Ostwald ist keineswegs eine solche Verirrung in jeder Hinsicht, als die ihn der Verf. hinstellt. Ebenso läßt am Schlusse die wohl durch die Lektüre von Machs Mechanik angeregte Ersetzung des Newtonschen absoluten Raumes durch den Äther unbeachtet, was Mach selbst darüber hinzufügt, daß nämlich dazu eine ausreichende Kenntnis von dem Bewegungsverhältnis des Äthers zu den darin befindlichen Körpern gehören würde. Übrigens wird durch diese Mängel die geschickte und klare Orientierung, die der Vortrag in dem gewährt, worüber er in der Hauptsache referiert, nicht beeinträchtigt. *Paul Gerber, Stargard.*

Gravitation als Folge einer Umwandlung der Bewegungsform des Äthers. Von Dr. Hiber. München, G. Franz. 1903. 44 S. M 2.

Der Verf. erörtert folgende Hypothese: Ein kleiner Teil der Energie der ungeordneten Ätherbewegung verwandelt sich in Schwingungsenergie der Massenteile der Körper und kehrt von dort als Wellenbewegung des Äthers zu diesem zurück; dadurch entsteht die Schwere und die Wärme der großen Himmelskörper. Weiter darauf einzugehen verlohnt sich nicht, da diese wie alle ähnlichen Hypothesen wertlos sind, wenn sie nicht zu bestimmten zahlenmäßigen Folgerungen, die an der Erfahrung kontrolliert werden können, vordringen. *Paul Gerber, Stargard.*

Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik. Von Adolf Thomälen. VIII und 515 S., 277 Abb. i. Text. Berlin, J. Springer, 1903. Geb. M 12.

Dieses, besonders für Studierende der Elektrotechnik bestimmte Werk behandelt in 19 Kapiteln fast ausschließlich Generatoren und Motoren, also dynamoelektrische Maschinen, für Gleich-, Einphasen- und Mehrphasenstrom, und Umformer. Das erste Kapitel enthält allgemeines über elektrische Vorgänge, das zweite über elektrochemische Vorgänge (Elektrolyse, Polarisation, Akkumulatoren, Elemente). Der Titel ist also nur berechtigt, wenn man die Lehre von der dynamoelektrischen Maschine — und eine solche in dem umfassenden Thompsonschen Sinne auf Grund der neueren Fortschritte ist das vorliegende Werk — recht eigentlich als einzigen Schwerpunkt des Gebietes ansieht. Hiervon abgesehen, ist der Behandlung des Stoffes nur beizustimmen; es werden alle wichtigen Punkte unter verhältnismäßig reichlicher Benutzung mathematischer Entwickelungen an der Hand von Beispielen genau durchgesprochen, auch die Abbildungen sind, wenn auch einfach und zuweilen etwas derbe, doch klar und zweckentsprechend. Das Werk ist allen denen zu empfehlen, die sich ohne Eingehen

auf Konstruktionsdetails über die theoretischen und experimentellen Grundlagen des Dynamobaues in der Gegenwart orientieren wollen. Dem Buche angehängt sind ein Register der gebrauchten Bezeichnungen (S. 499—503), ein Verzeichnis der vorkommenden Gleichungen (S. 504—511) und ein Sachregister (S. 512—515); bei den Bezeichnungen sind große und kleine lateinische und griechische Buchstaben benutzt, die noch außerdem, je nachdem die betr. Größen in absolutem Maße gemessen sind, durch fetten Druck unterschieden werden, was Ref. nicht für sehr zweckmäßig hält, während deutsche (gotische) Buchstaben, die doch für die magnetischen Größen in manchen wichtigen Werken (z. B. Dubois, Magnetische Kreise) ausschließlich angewendet werden und auch in der neuesten Auflage von Kohlrauschs „Lehrbuch der praktischen Physik" Eingang gefunden haben, garnicht berücksichtigt sind. Das Sachregister hätte erheblich ausführlicher sein können; ein Namenregister fehlt. *W. Biegon von Czudnochowski.*

Grundlagen und Methoden der elektrischen Wellentelegraphie (sog. drahtlose Telegraphie). Von Dr. A. Voller. 52 S., 17 Fig. Hamburg und Leipzig. Leopold Voß 1903. M 1,80.

Das Heft ist die erweiterte Wiedergabe des Vortrages, den der Verf. auf der 74. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Karlsbad 1902 gehalten hat. Den Inhalt bildet neben einer ganz allgemeinverständlich gehaltenen Erörterung der in der Funkentelegraphie zur Anwendung kommenden elektrischen Erscheinungen eine Besprechung der Systeme Braun-Siemens und Slaby-Arco; sie wird unterstützt durch eine Reihe von Abbildungen, die zum Teil nach Photogrammen angefertigt sind. Nicht richtig sind die Bemerkungen des Verf. über die Priorität Varleys für die Fritterwirkung (S. 23), vielmehr ist dieselbe bereits von Munck af Rosenschöld 1838, Hughes 1879 und Calzecchi-Onesti 1884/85 beobachtet und untersucht worden. *W. B. v. Czudnochowski.*

Elektrotechnische Wandtafeln. Von C. Sternstein, Lehrer in Magdeburg. 2. Serie. No. VII—XII, einzeln M 2, zusammen M 10, aufgezogen auf Leinwand bezw. M 3,50 und M 19.

Die erste Serie dieser Tafeln, die in der Größe 70 cm × 90 cm ausgeführt sind, ist bereits 1901 (d. Zeitschr. *XIII 113*) angezeigt. Die vorliegende zweite Serie behandelt: Elektrisches Licht — Mikrophon und Fernsprechanlage — Induktionsapparat — Meßapparate und Gleichstromanlage — Wechselstrombetrieb — Drehstromanlagen. Die Zeichnung auf den Tafeln ist im ganzen klar und übersichtlich, auch die Auswahl des Stoffes ist zweckmäßig. Auf Tafel VII hätte die mechanische Regulierung der Bogenlampe etwas mehr angedeutet werden können; auf Tafel X konnten außer den Maschinensicherungen auch die Stöpselbleisicherungen angegeben sein; auf Tafel XII sind die Phasen des Drehstroms ungleich belastet, was durch Zufügung einer dritten Glühlampe zu vermeiden gewesen wäre. Die Tafeln stellen im übrigen ein brauchbares und recht empfehlenswertes Unterrichtsmittel dar. Selbstverständlich ist, wie auch der Verfasser hervorhebt, daß diese Tafeln die Vorführung der Apparate nicht ersetzen, sondern der Vorführung der Versuche zur Seite treten sollen, um ein klareres Verständnis der Vorrichtungen wie der Vorgänge zu erzielen. Eine beigegebene Schrift desselben Verfassers (die Elektrizität im Dienste des Menschen. 2. Teil mit 84 Textabbildungen und verkleinerten Abbildungen der Tafeln, 124 S. M 2,50) enthält eine zusammenfassende Darstellung des gesamten Unterrichtsstoffes, soweit er mit den Tafeln in Zusammenhang steht. Zu S. 50 ist zu bemerken, daß Netzspannungen von 65 Volt nur ganz ausnahmsweise vorkommen, auch 110 Volt sind zur Zeit nicht mehr so häufig, wie 220 Volt; die normale Bogenlampenspannung ist 40 (nicht 45) Volt. Neben der Nernstlampe hätte (S. 52) auch die Bremerlampe Erwähnung verdient. *P.*

Anleitung zu 30 der wichtigsten Schulversuche mit dem Differential- und Doppel-Thermoskop. Von Bruno Kolbe. Verlag von Ferdinand Ernecke in Berlin und Max Kohl in Chemnitz, 1903. 34 S.

In diesem Schriftchen sind die Versuche zusammengestellt, die der Verfasser in dieser Zeitschrift (*XV 333*) beschrieben hat, und es ist eine Reihe von neuen Versuchen hinzugefügt, unter denen solche über manometrische Wirkungen besonders hervorzuheben sind. Ein Versuch über den manometrischen Nachweis der Reflexion von Schallwellen, angeblich nach Trussewitsch, rührt einer berichtigenden Mitteilung des Verfassers zufolge von F. J. Rostowzew her und beruht auf dem auch von Szymański benutzten Prinzip des Kundtschen Ventils; von Trussewitsch stammt die dabei angewandte Modifikation des Kundtschen Manometers. Das Schriftchen wird bei der Benutzung der Kolbeschen Apparate gute Dienste leisten. *P.*

Jahrbuch der Chemie. Herausgegeben von Richard Meyer, Braunschweig. XII. Jahrgang 1902. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1903. XII u. 544 S. Geb. M 15.

Mit bewundernswerter Pünktlichkeit ist der neue Jahrgang des vortrefflichen Jahrbuches wieder auf dem Plan erschienen. Abgesehen von einigen Änderungen im Mitarbeiterkreis — es sind die

Herren Prof. Alfred Werner in Zürich, Dr. Fr. Quincke in Leverkusen, Prof. P. Friedländer in Wien hinzugetreten — bewegt sich die Bearbeitung des neuen reichen Stoffes in dem altbewährten Rahmen. Die reine und die angewandte Chemie sind gleichermaßen berücksichtigt. Die Freunde der Photographie finden beispielsweise einen vorzüglichen Überblick über alle Erfindungen des letzten Jahres, der — wie dies für alle Gebiete gilt — mit den genauesten Literaturnachweisen versehen ist. Durch die starke Berücksichtigung der Technik empfiehlt sich das Buch auch besonders für die Anschaffung seitens der Bibliotheken der Reallehranstalten. *O.*

Jahrbuch der Chemie. Generalregister über die Jahrgänge 1891 bis 1900. Bearbeitet von W. Weichelt, Coblenz. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1903. 319 S. Geb. M 11.

Gleichzeitig mit dem oben angezeigten neuen Jahrgange wird von der Verlagshandlung das Generalregister über die ersten 10 Bände des Jahrbuches herausgegeben. Es ist für alle Besitzer früherer Jahrgänge eine willkommene Gabe und erscheint in seinen beiden Teilen, dem Autoren- und dem Sach-Register, gleich sorgfältig bearbeitet. *O.*

Natur und Kultur. Zeitschrift für Jugend und Volk. Schriftleitung Dr. Frz. Jos. Völler. Herausgeber und Verleger Deutscher Zeitschriften-Verlag G. m. b. H. München-Nymphenburg. Monatlich 2 Hefte. Preis vierteljährlich M 2—.

Die neue Zeitschrift will vornehmlich der naturwissenschaftlichen Belehrung dienen und führt sich in den ersten zwei Heften (1. und 15. Oktober 1903) recht vorteilhaft ein. Ein größerer Aufsatz von Ruhmer über das Selen und die Lichttelephonie ist durch 39 Figuren aufs anschaulichste erläutert. In der Rundschau findet sich auch ein biographischer Artikel aus der Feder J. Kleibers über unseren Mitarbeiter Bruno Kolbe anläßlich seines 25jährigen Dienstjubiläums. Wir wünschen der Zeitschrift weite Verbreitung und reichen Erfolg. *P.*

Programm-Abhandlungen.

Die Theorie des Elektrophors. Von Oberlehrer Dr. Otto Geschöser. Königl. Gymnasium zu Oels. Ostern 1903. 12 S. Progr.-No. 235.

Der Verfasser verwirft die landläufige Erklärung für die Wirkungsweise des Elektrophors, da hiernach die Elektrizitäten des Schildes und der Elektrophorplatte sich bei gegenseitiger Berührung umsomehr ausgleichen müßten, je vollständiger die Berührung der beiden Platten ist, während tatsächlich die Wirkung des Elektrophors um so besser ist, je inniger die Berührung von Elektrophorplatte und Schild ist. Es wird die neue Theorie auf folgendem Versuch aufgebaut: Wenn man auf der Elektrometerstange eines Elektrometers statt des üblichen Knopfes eine flache eiserne, mit Quecksilber gefüllte Schale anbringt und nun an isolierendem Stiele eine unelektrische Hartgummiplatte auf die Quecksilberoberfläche setzt, so zeigt beim Abheben der Hartgummiplatte das Elektrometer eine negative Ladung an, während die abgehobene Platte positiv ist. Hieraus wird gefolgert, „daß die Elektrizität einzig und allein durch die Trennung der beiden sich unmittelbar berührenden Körper erzeugt wird".

Dieser Versuch, der nach Angabe des Verfassers mit anderen Platten aus Glas, trockenem Holz, trockenem Kartonpapier, Siegellack, Paraffin, Glimmer, Schwefel im wesentlichen dieselben Resultate gibt, die sich nur durch die Größe des Ausschlages unterscheiden, der übrigens an verschiedenen Tagen verschieden ist, bildet die Umkehrung eines Elektrophors. Versieht man die aufgesetzte Hartgummiplatte mit einer auf dieselbe gelegten Scheibe aus Metall, die während des Abhebens der Hartgummiplatte vom Quecksilber ableitend berührt wird, so ist der Ausschlag des Elektrometerblättchens fast doppelt so groß, wie ohne die Metallauflage. Der Verfasser begründet diese Erscheinung damit, „daß die durch die Trennung zweier Körper erzeugten Elektrizitäten das Bestreben haben, sich gegenseitig auszugleichen und so die Störung des elektrischen Gleichgewichts sofort wieder aufzuheben", daß man aber durch die mit der Erde leitend verbundene Metallplatte die Spannung der abgehobenen Platte ganz bedeutend vermindern kann, wodurch ein geringerer Ausgleich der Elektrizitäten stattfindet.

Der Verfasser ersetzt dann das Quecksilber durch eine wohlgeebnete Kupferplatte und dann durch eine ebensolche Zinkplatte und findet, daß eine aufgesetzte und abgehobene Glasplatte bei der Kupferplatte einen größeren Ausschlag des Blättchens erzeugt als bei der Zinkplatte. Hierauf wird die Erklärung des Voltaschen Fundamentalversuches gegründet. „Da Kupfer gegen Glas eine bedeutend größere Spannungsdifferenz ergibt, als Zink gegen Glas, so muß notwendigerweise bei der Trennung einer Kupferplatte von einer sie berührenden Zinkplatte die erstere eine ziemlich starke negative, die letztere eine ebenso große positive Ladung erhalten". Der Verfasser schließt hieraus weiter: „Von einer chemischen Wirkung zwischen den Metallen kann dabei ebensowenig die Rede

sein, wie von einer solchen bei der Berührung der Glasplatte mit der Metallplatte". Zum Schluß wird noch versucht, die Elektrolyse „möglicherweise" aus den Versuchen zu erklären.

Nach Ansicht des Referenten ist es als mindestens gewagt zu bezeichnen, aus dem beschriebenen „grundlegenden Versuche" mit dem Elektrometer so weitgehende Schlüsse zu ziehen. Referent hat diesen Versuch oftmals wiederholt und beobachtet, daß die Größe des Ausschlages, der sich in der Tat meistens ergibt, nicht allein von Tage zu Tage oder vielmehr bei jedem Versuche ein anderer ist, sondern daß auch das Vorzeichen der Ladung bald positiv, bald negativ ist. Ließ man die erregende Hartgummiplatte längere Zeit unberührt liegen, so zeigte sich beim Aufsetzen und Abheben derselben fast nie ein Ausschlag. Wenn man dann die Platte durch eine Flamme führte und setzte sie wieder auf, so zeigte sich gewöhnlich ein großer Ausschlag, der aber auch in Betreff des Vorzeichens unsicher war. Welches die Ursachen der erwähnten Elektrizitätserregung sind, mag dahingestellt bleiben, jedenfalls erfordert der Versuch erst eine gründliche Untersuchung, ehe man aus demselben das ganze Geheimnis der Elektrisierung wird erklären können. *E. Grimsehl.*

Kurze Geschichte des Schiffskompasses. Von Friedrich Bradhering. Kgl. Wilhelms-Gymnasium zu Magdeburg, Ostern 1903. 24 S. Mit Abbildungen. Pr.-Nr. 266.

Die Abhandlung bringt sorgfältige und genaue Mitteilungen aus einem Gebiet, das in den Physiklehrbüchern nur gestreift zu werden pflegt und doch das größte Interesse auch in physikalischer Hinsicht beanspruchen kann. Aus der ältesten Zeit (bis 1500) wird u. a. der Anteil der Chinesen an der Erfindung erörtert und der Grund für die feste Verbindung der Nadel mit der Strichrose auseinandergesetzt. In die Zeit von 1500 bis 1800 fällt die Entdeckung der Veränderlichkeit der Deklination (durch Kolumbus), die Entdeckung der Inklination (Georg Hartmann), die Zusammenstellung von Isogonen (Halley) und Isoklinen (Wilke). Um das Jahr 1800 wird durch Flinders die Deviation entdeckt, d. h. die Beeinflussung der Nadel durch die Eisenmassen des Schiffes. Die Entwickelung der Lehre von der Deviation schließt ab mit den Formeln von Archibald Smith (1843—46). Um die Kompensation der Deviation sehen wir Physiker ersten Ranges wie Airy und W. Thomson sich bemühen. Von der komplizierten Konstruktion der neueren Kompasse, um deren Vervollkommnung besonders die englische Admiralität große Verdienste hat, wird ein interessanter Abriß gegeben und zum Schluß auf die Pflege des Kompaßwesens im Deutschen Reich hingewiesen. *P.*

Über die normale Elektrizität der Atmosphäre. Von Rudolf Schroeder. Gymnasium zu Friedenau. Ostern 1903. 16 S. Pr.-Nr. 80.

Die Abhandlung enthält eine lesenswerte Übersicht über die neueren Forschungen bezüglich der Luftelektrizität. Nach einer historischen Einleitung über die verschiedenen Methoden zur Messung der Luftelektrizität beschreibt der Verf. eingehend die Verwendung des Exnerschen Elektrometers und empfiehlt, den Apparat für den Unterricht anzuschaffen, zumal er auch zur Projektion anderer als luftelektrischer Versuche gut verwendbar ist. Es werden darauf einige der hervorragenderen Theorien der Luftelektrizität auseinandergesetzt und insbesondere auf die von Elster und Geitel begründete Ionentheorie der atmosphärischen Elektrizität näher eingegangen, deren weitere Ausbildung mit der Erforschung der Leitfähigkeit der Luft und ihrer radioaktiven Eigenschaften eng zusammenhängt. Ein Literaturnachweis von 39 Nummern ist der Abhandlung hinzugefügt. *P.*

Überblick über die Theorien vom Wesen der Elektrizität. Von Karl Schulze. Kgl. Gymnasium zu Erfurt. Ostern 1903. Pr.-Nr. 273.

An eine kurze Darlegung der älteren Theorien schließt der Verf. einen gedrängten Überblick über die Faraday-Maxwellsche und die Elektronentheorie. Die Abhandlung ist besonders im Hinblick auf Schüler geschrieben, die in den gebräuchlichen Lehrbüchern über die neueren Theorien so gut wie nichts finden. Doch dürften für die Schule vorwiegend nur die Hertzschen Forschungen über die Ausbreitung der Strahlen elektrischer Kraft durch das Dielektrikum in Betracht kommen. *P.*

Die Elemente der Mechanik vom Standpunkte des Hamiltonschen Prinzips (Teil I). Von Dr. Karl Hollefreund. Mit 2 Tafeln. Luisenstädt. Realgymnasium in Berlin, 1903. Prog.-Nr. 110. 27 S. 4°.

Der Verf. beabsichtigt, ausschließlich mit Hülfe des Hamiltonschen Prinzips eine Reihe einfacher, aber möglichst mannigfaltiger Aufgaben der Mechanik zu behandeln. Jenes Prinzip wird in der von Helmholtz erweiterten Form zu Grunde gelegt. Folgende Themen werden einwandfrei durchgeführt: die drei Newtonschen Axiome; Kreisbewegung; mathematisches Pendel; Doppelpendel; schiefe Ebene; Druck auf eine Unterlage; Atwoodscher Fallapparat; mathematischer Hebel; Bewegung auf einer horizontal beweglichen schiefen Ebene; Poggendorffscher Fallapparat; Bewegung eines Punktes, der gezwungen ist, auf einer festen Linie oder Fläche zu bleiben; Raumpendel; Zentrifugalpendel; physisches Pendel; Stoß. Diesen besonderen Aufgaben ist der Versuch verangeschickt, die Grundlagen

der Mechanik nur aus den Begriffen von Raum, Zeit und Energie abzuleiten. Der Verf. sagt aber sogleich am Anfange: „Da die Energie nicht direkt sinnlich wahrgenommen wird, so muß festgesetzt werden, was wir darunter verstehen wollen. Wir benutzen dazu den Kraftbegriff, soweit er uns durch den Muskelsinn unmittelbar gegeben ist, wenn wir mechanische Vorgänge durch unsere Muskeltätigkeit hervorrufen. Dabei wird auf die Beschleunigung des bewegten Körpers kein Bezug genommen.“ Es wird auch in der Tat dann zuerst der bezeichnete Kraftbegriff entwickelt und als Krafteinheit die Schwere von 1 kg festgesetzt, danach das Maß der Arbeit und daraus das Maß der Energie bestimmt, womit die Energie überhaupt erst definiert ist, da der einige Nummern früher vorausgeschickte Satz: „Die Fähigkeit, äußere Wirkungen hervorzubringen, bezeichnen wir als die Energie eines Systems“ nicht als Definition gelten kann. Die Mechanik ist so nicht auf Raum, Zeit und Energie, sondern auf Raum, Zeit und Kraft zurückgeführt. Und diese Kraft ist, obwohl bei der Bildung ihres Begriffes die Hertzsche Kraftdefinition von Einfluß gewesen zu sein scheint, doch durchaus die Newtonsche. Denn wenn wir aus unseren Druck- und Zugempfindungen einen Kraftbegriff abstrahieren, so stellen wir uns immer etwas Bewegungbestimmendes vor, und wenn man, wie es der Verf. tut, um zu einem Maße der Kraft zu gelangen, vom Gleichgewicht ausgeht, hat man dieses als verhinderte Bewegung zu denken und erhält daher in der einzelnen Kraft wieder Bewegungbestimmendes. Das Bewegungbestimmende ist aber im letzten Grunde stets auch beschleunigungbestimmend, da es ein Anwachsen der Geschwindigkeit von Null oder von einem anderen Werte an hervorbringt. Der Kern der Sache ist eben, daß man den Begriff der Energie nicht direkt aus der Erfahrung entnehmen kann. Er ergibt sich immer erst aus der Zusammensetzung anderer Begriffe. *Paul Gerber, Stargard.*

Kritik des Newtonschen Gravitationsgesetzes. Von Prof. Dr. S. Oppenheim. Staats-Realschule Karolinental in Prag. 1903. 60 S. 8°.

Der Verf. stellt übersichtlich und eingehend alle astronomischen und geodätischen Beobachtungen und Rechnungsergebnisse zusammen, die auf die Frage nach der Genauigkeit und der Tragweite des Newtonschen Gravitationsgesetzes Bezug haben. Sowohl die Vergleiche der Folgerungen aus dem Newtonschen Gesetze mit den unmittelbaren Tatsachen, die sich mit größerer oder geringerer Sicherheit an der Abplattung der Erde, an der sogenannten Lotabweichung, an Ebbe und Flut, an der Umlaufsbewegung des Mondes, an den Bewegungen der Planeten und Satelliten und ihren gegenseitigen Störungen, an den Bewegungen der Kometen und der Doppelsterne ausführen lassen, wie auch die Versuche, die ohne weiteres unerklärlichen Bewegungsanomalieen des Merkur, des Mondes und des Enckeschen Kometen im Einklange mit Newton oder durch Abänderung seines Gravitationsgesetzes zu erklären, kommen zur Sprache. Eine bestimmte Entscheidung darüber, ob oder wie weit das Newtonsche Gesetz als genau anzusehen sei, ob es einer Modifikation bedürfe und über eine solche schon ein endgültiges Urteil gefällt werden könne, wird nicht versucht. Um so schätzenswerter ist die Arbeit des Verf. als Grundlage zu einer künftigen derartigen Entscheidung. Es sei noch bemerkt, daß sie die populäre Bearbeitung einer mehr fachmäßigen Abhandlung ist, die der Verf. für den sechsten Band der „Enzyklopädie der math. Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen“ geschrieben hat. *Paul Gerber, Stargard.*

Beiträge zur mathematischen Geographie. I. Von Prof. Dr. Schmidt. Großherzogl. Ostergymnasium in Mainz, 1903. Progr.-Nr. 727. 14 S. 4°.

Die bekannte Methode, mit Hülfe einer horizontal gehaltenen Uhr, deren Stundenzeiger nach der Sonne gerichtet ist, die Nord-Süd-Linie zu bestimmen, kann, auch wenn die Uhr nach Ortszeit geht, nicht genau sein, weil die Bewegungen des Zeigers und der Sonne in verschiedenen Ebenen erfolgen. Es wird daher ausführlich untersucht, welchen Fehler man dabei jedesmal je nach der Stunde, dem Tage und der geographischen Breite begeht, besonders wird auch ermittelt, wie groß der Fehler im ungünstigsten Falle an einem Tage und während des Jahres ausfällt. Die speziellen Zahlenwerte, die aus den Formeln berechnet werden, beziehen sich auf die geographische Breite von Mainz. *Paul Gerber, Stargard.*

Airys elementare Theorie der Planeten- und Mondstörungen (II. Teil). Von Prof. Balduin Schöne. Städt. Realgymnasium in Borna, 1903. Progr.-Nr. 628. 70 S. 4°.

Die Abhandlung, deren erster Teil im Jahre 1895 erschienen ist, behandelt so ausführlich, wie es sich ohne schwierige mathematische Betrachtungen und Rechnungen ermöglichen läßt, in klarer und allgemein verständlicher Weise und durch Figuren erläutert folgende Gegenstände: 1. die Störungen der Mondbewegung, soweit sie vom Stande der Sonne abhängen; 2. die Störungen, die davon abhängen, ob sich der Mond im einen oder im anderen Endpunkte der großen Achse seiner

Bahn, oder ob er sich in dem einen Endpunkte der kleinen Achse befindet, also die Bewegung der Apsidenlinie und die Änderungen der Exzentrizität der Mondbahn; 3. die Beschleunigung der mittleren Bewegung des Mondes; 4. die Theorie der Jupitermonde; 5. Ungleichheiten der Planetenbewegung, die den Störungen des Erd- und der Jupitermonde ähnlich sind; 6. die langen Ungleichheiten von Jupiter und Saturn; 7. die säkularen Variationen der Elemente der Planetenbahnen; 8. die Störung der Neigung und der Lage der Knoten bei dem Erdmonde, den Planeten und den Jupitermonden; 9. die Wirkung der Abplattung der Planeten auf die Bewegung ihrer Monde.

Paul Gerber, Stargard.

Versammlungen und Vereine.

75. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Kassel 1903.

I. Allgemeine Sitzungen.

In der *1. allgemeinen Sitzung*, am *Montag, den 21. September* hielt, nach den üblichen Begrüßungsansprachen, Herr Prof. Dr. LADENBURG (Breslau) den ersten Vortrag über den „Einfluß der Naturwissenschaften auf die Weltanschauung." Der Inhalt des Vortrages ist bereits durch die Tageszeitungen allgemein bekannt geworden[1]).

Hierauf sprach Professor ZIEHEN (Utrecht) über: „Die physiologische Psychologie der Gefühle und Affekte." Die Erforschung psychologischer Vorgänge beruhte früher nur auf Definitionen; Definitionen sind zwar gute Lehrmittel, aber keine Untersuchungsmittel. Redner führt aus, daß die psychologischen Vorgänge uns in dreifacher Weise entgegentreten: 1. als Reiz, 2. als Gehirnrindenerregung, 3. als wahrnehmbarer Affekt. Hiermit seien drei psychologische Forschungsreihen gegeben. Die Theorie von James Lang und die Darwinsche sogenannte Bilanztheorie werden eingehend besprochen. Letztere, welche auf der Einnahme und Ausgabe unserer Ganglienzellen beruht, lehrt, daß dann, wenn beide Prozesse im Gleichgewicht sind, positive oder Lustaffekte, bei Störung des Gleichgewichts aber negative oder Unlustaffekte auftreten. Nach Ansicht des Vortragenden sind alle Affekte an die Gehirnrinde gebunden. Die Affekte begegnen uns nirgends losgelöst von Empfindungen und Vorstellungen. Es ist noch nicht gelungen, ein Affektzentrum im Gehirn zu finden. Das Wesen der Affekte beruht nicht auf dem Grade der Erregbarkeit, sondern auf dem der Entladungsbereitschaft. Die Anzahl der negativen Affekte ist größer als die der positiven. Auch die Sprache hat mehr Worte für Unlustaffekte als für Lustaffekte.

In der *2. allgemeinen Sitzung, Freitag, den 25. September*, sprach Herr W. RAMSAY (London) über: „Das periodische System der Elemente." Die Versuche, die Elemente unter Benutzung ihrer Atomgewichte so zu gruppieren, daß ihre physikalischen oder ihre chemischen Eigenschaften zum Ausdruck kämen, seien zurückzuführen auf den ersten Versuch von Johnston Stoney aus dem Jahre 1863. Doch müsse man alle Versuche, aus den Atomgewichten Gesetzmäßigkeiten abzuleiten, als fehlgeschlagen betrachten. Die Differenz der Atomgewichte solcher Elemente, welche verwandte chemische Eigenschaften haben, sei durchaus nicht absolut konstant. Auch die physikalischen Eigenschaften, z. B. das Brechungsvermögen, stimmten mit keiner vollständigen Regelmäßigkeit in der Zunahme der Atomgewichte überein. Nach Entdeckung der inaktiven Bestandteile der Atmosphäre habe Redner gehofft, das periodische System der Elemente wenigstens für diese Elemente festlegen zu können, doch seien auch diese Versuche ohne Erfolg geblieben. Hierauf verbreitete sich Redner weiter über die Frage nach der Konstanz der Atomgewichte. Bei der Variabilität anderer Eigenschaften der Körper im Universum hält er auch die Variabilität des Atomgewichtes nicht für ausgeschlossen. Die eigentümlichen Strahlungserscheinungen des Urans, des Radiums und des Thoriums, also gerade der Elemente, die die größten Atomgewichte haben, werden auf einen Zerfall der Atome zurückgeführt. Überraschend war die Mitteilung, daß das Uran sich fortwährend in Radium verwandle, welches dauernd die Emanationen ausstrahle. Letztere Emanationen sind vom Vortragenden unter Verwendung von flüssiger Luft, also bei niedriger Temperatur, in konzentrierbarer Menge in einem Glasrohr aufgefangen worden. Drei Tage nach Abschluß des Rohres haben sich dann die Emanationen in Helium verwandelt (vergl. dieses Heft, S. 357). Man müsse hier zu der Überzeugung kommen, daß „alles fließt". Redner schließt mit den Worten des Sokrates: „Ich weiß, daß ich nichts weiß".

Als zweiter Redner spricht Herr GRIESBACH (Mülhausen i. E.) über den „Stand der Schulhygiene." An der Hand sehr reichhaltigen statistischen Materials bespricht derselbe die Mängel der

[1]) *Anmerkung der Redaktion.* Wir geben der Überzeugung Ausdruck, daß der Vortragende durch seine die Kompetenz der Naturforschung überschreitenden Ausführungen die Interessen des naturwissenschaftlichen Unterrichtes mehr geschädigt als gefördert hat.

Schulgebäude und Schuleinrichtungen, die Frage der Schulärzte und das Gebiet der eigentlichen Unterrichtshygiene. Auf die Einzelheiten des Vortrages kann hier nicht näher eingegangen werden. In Betreff der Unterrichtshygiene sei die Forderung aufzustellen, daß erstens die Hauptarbeit des Unterrichts in die Schule und nicht ins Haus gelegt werden müsse, ferner sei eine Verminderung des Lehrstoffes auf allen Gebieten unbedingt erforderlich. Auch vom schulhygienischen Standpunkte wird die „Totfütterung" eines 9jährigen Jungen, der seine Muttersprache noch nicht ordentlich beherrscht, mit 9 wöchentlichen Stunden Latein verurteilt. Neue Unterrichtsgegenstände dürfen erst dann eingeführt werden, wenn man den Lehrstoff in anderen Fächern entsprechend vermindert hat. Die Einführung der Biologie in die höheren Klassen der Schulen werde wohl erst dann Aussicht auf Erfolg haben, wenn der Schulrat selbst Biologe sei. In Mathematik müsse ebenfalls eine Reduktion des Stoffes eintreten. Die Frage, ob man den Religionsunterricht dem Hause überlassen solle, wurde gestreift, aber nicht zur Entscheidung geführt. Zum Schluß sprach sich Redner noch über die Entbehrlichkeit des Abiturientenexamens aus, in welchem der Schulrat nur das zu sehen bekomme, was dressiert, aber nicht das, was geleistet wird.

Als dritter und zugleich letzter Redner sprach Herr v. Behring (Marburg) über die „Tuberkulosebekämpfung". Redner hält die Aussichten für eine Niederkämpfung der Tuberkulose für durchaus nicht ungünstig. Doch sei wohl zu unterscheiden zwischen Tuberkulose und Schwindsucht. Es sei eine tuberkulöse Infektion nicht identisch mit der Anwartschaft auf unvermeidliches Siechtum und qualvolles Ende. Größere Rinderbestände seien mit durchschnittlich 60 Prozent tuberkulös, trotzdem hält Redner die Ausrottung der Rindertuberkulose nur noch für eine Frage der gewissenhaften und technisch einwandfreien Ausführung seiner Schutzimpfung. Es scheine auch berechtigte Hoffnung vorhanden zu sein, daß wir in der Immunmilch ein Kampfmittel gegen die menschliche Tuberkulose haben, das mit keinem der bisher bekannten Tuberkulosemittel zu vergleichen sei; doch erfolge die Abgabe solcher Immunmilch an Privatpersonen nicht eher, als bis die Wirkung unzweifelhaft feststehe. Hierauf verbreitet sich Redner über die Häufigkeit der Tuberkulosefälle beim Menschen. Nach Untersuchung von Naegeli in Zürich sei von Personen, die im Alter von mehr als 30 Jahren gestorben seien, keine einzige Leiche frei von Tuberkulose gewesen. Aber gerade die große Zahl der Tuberkulose-Infektionen sei geeignet, die spontane Heilbarkeit vieler tuberkulöser Erkrankungen zu beweisen. Redner glaubt nicht an eine Vererbung der Tuberkulose, die menschliche Tuberkulose entstehe in der Regel postgenital. Die Säuglingsmilch sei die Hauptquelle für die Schwindsuchtsentstehung, weil der Säugling in seinem Verdauungsapparat der Schutzeinrichtungen entbehrt, die beim erwachsenen Menschen das Eindringen der Krankheitserreger in die Gewebssäfte verhindern. Es sei in erster Linie dafür zu sorgen, daß die Kinder in jugendlichem Alter unter allen Umständen tuberkelfreie Milch bekommen. Auch erwachsene Personen seien besonders dann von hustenden Phthisikern fernzuhalten, wenn sie wissen oder fürchten müssen, daß der Verdauungsorganismus Defekte in der schützenden Epitheldecke aufweist, daher seien die Tuberkuloseheilstätten als Schwindsuchtsschutzstätten, wenn auch nicht als Heilstätten segensreich. Die Bemühungen des Vortragenden, ein sicheres Schutzmittel gegen Tuberkulose zu finden, welches der Jennerschen Schutzpockenimpfung an die Seite gestellt werden könne, seien noch nicht zum Abschluß gekommen, schienen aber durchaus nicht aussichtslos zu sein.

II. Gemeinschaftliche Sitzungen der beiden Hauptgruppen
am Mittwoch, den 23. September.

Herr Dr. Schwalbe (Straßburg i. E.) sprach über: „Die Vorgeschichte des Menschen." Die jetzt lebenden Menschen, wie die der neolithischen Periode sind so einheitlich organisiert, daß man ihnen einen einheitlichen Ursprung zuerkennen muß. In der Diluvialzeit finden wir eine besonders in der Schädelform abweichende Menschenform, den Neanderthalmenschen. Die Existenz des Menschen in der Tertiärzeit wird auf Grund von Funden primitivster Steinwerkzeuge in den tertiären Schichten vermutet, doch sind Skeletteile des Menschen hier noch nicht gefunden. Der von Dubois in Java in jüngsten Tertiärschichten aufgefundene Pithecanthropus habe wahrscheinlich auch aufrechten Gang gehabt, man könne den Pithecanthropus als ein intermediäres Wesen betrachten. Die Anknüpfung der zum Affen führenden Entwickelungsreihe müsse beim fossilen Affen gesucht werden, von denen der in der Miocänzeit lebende Dryopithecus allein in Betracht käme. Die jetzt noch vielfach lebenden menschlichen Zwergrassen können, da sie ganz die Schädelbildung des Homo sapiens besitzen, nicht als seine Vorläufer angesehen werden. Die Unvollständigkeiten des gegebenen Entwickelungsbildes können erst auf Grund weiterer paläontologischer Funde beseitigt werden.

Darauf sprach Herr Alsberg (Kassel) über: „Erbliche Entartung infolge sozialer Einflüsse." Redner betrachtet als wichtigstes Moment der erblichen Entartung den Umstand, daß die

Auslese, die bei Naturvölkern durch Ausmerzung aller minderwertigen Elemente die Rasse stark und kräftig erhält, bei den Kulturvölkern in Wegfall kommt. Die Kriege dezimieren bei den Kulturnationen nur die Blüte der Bevölkerung. Durch die Wehrpflicht werden die kräftigen Männer erst später zur Gründung einer Familie kommen, als der schwächliche Mensch, weshalb letzterer gewöhnlich einen stärkeren Nachwuchs hat. Gewisse Berufe schreiten entweder gar nicht (Zölibat bei katholischen Geistlichen) oder nur in geringem Prozentsatz (Offiziere nur 15 bis 20 %) zur Ehe. Die vom Lande nach der Stadt verziehenden Männer verheiraten sich entweder gar nicht oder erst im vorgeschrittenen Lebensalter und produzieren daher eine weniger zahlreiche minderwertige Nachkommenschaft. Der Alkoholismus wird als starke Ursache erblicher Entartung gekennzeichnet. Das Anwachsen der Häufigkeit von Nerven- und Geisteskrankheiten wird auf die durch soziale Einflüsse bedingte erbliche Entartung zurückgeführt. Beim weiblichen Geschlecht zeigt sich die Rassenverschlechterung erstens in der Zunahme der nur mit geburtshilflichen Mitteln verlaufenden Geburten und in der zunehmenden Unfähigkeit der Frauen, ihre Kinder zu stillen. Redner bespricht die Maßnahmen, die zur Hebung der geschilderten Mißstände unerläßlich sind. Das sind erstens die Bekämpfung des Alkoholismus und der Erlaß von Bestimmungen zur Beibringung eines Gesundheitsattestes als Vorbedingung für das Eingehen einer Ehe.

Den dritten Vortrag hielt Herr Conventz (Danzig) über „Erhaltung der Naturdenkmäler". Der Vortragende entwarf ein Bild von den Verwüstungen, die der Mensch und seine Kultur in der Natur hervorbringen. Sowohl die Tierwelt, als auch die Pflanzenwelt und die unbelebte Natur werden besonders aus finanziellen Gründen so sehr gefährdet und in ihrer Eigenart gefälscht, daß die Forderung nach Erhaltung der Naturdenkmäler volle Berechtigung habe. Um dieses Ziel zu erreichen, fordert Redner die naturforschenden, die Verschönerungs- und Touristenvereine zur Mitarbeit auf. Auch die Gemeindeverwaltungen können segensreich wirken, indem sie z. B. verbieten, daß gewisse Gewächse auf den Markt gebracht werden. Endlich redet der Vortragende der Einbringung einer Gesetzesvorlage zum Schutze der Naturdenkmäler das Wort. Im Kultusministerium hat schon eine Kommission getagt, die beschlossen hat, das einschlägige Material zu sammeln. Die Versammlung nimmt darauf eine Resolution an: „Die deutsche Naturforscher- und Ärzteversammlung begrüßt dankbar die Bestrebung des preußischen Kultusministeriums, erklärt sich damit einverstanden und hegt die Zuversicht, daß diese bald zur Durchführung gelange."

III. Gemeinschaftliche Sitzung der naturwissenschaftlichen Hauptgruppe am Donnerstag, den 24. September.

Verhandlungsgegenstand: „Die naturwissenschaftlichen Ergebnisse und Ziele der neueren Mechanik." Es sprach Herr Schwarzschild (Göttingen): „Über Himmelsmechanik." Die erste Aufgabe der Himmelsmechanik besteht darin, Formeln anzugeben, welche den beobachteten Lauf der Planeten in der Schärfe der Beobachtung wiedergeben. Diese Aufgabe ist bereits durch die sogen. „klassische Himmelsmechanik" im wesentlichen gelöst. Aus ihren Formeln würde aber, auf lange Zeiten angewandt, eine baldige Zerstörung des Planetensystems folgen. Daher ist die klassische Himmelsmechanik zu modifizieren. Lagrange hat das Problem der „Säkularstörungen" überwunden. Die Erledigung des Problems der „Kommensurabilitäten" fällt erst in die letzten 30 Jahre. An letzteres Problem knüpft sich die Erkenntnis periodischer und asymptotischer Bahnen, die Frage der Lücken im Asteroiden- und Saturnring und die Theorie der Libration der Jupiter- und Saturnsmonde. Auf den beiden Unterproblemen der Säkularstörungen und der Kommensurabilitäten erhebt sich dann die moderne Himmelsmechanik, welche sich als die fertige Ausbildung der Epizyklenmethode der Alten darstellt. Dieselbe scheint zu der Schlußfolgerung zu nötigen, daß das Planetensystem für alle Zeiten stabil ist. Durch Poincarés Nachweis der Divergenz der Reihen der Störungstheorie wird dieses Resultat in seiner Allgemeinheit hinfällig, doch läßt sich zeigen, daß die Veränderungen des Planetensystems unbedeutend bleiben in sehr langen Zeiträumen, für welche eine untere Grenze fixiert wird.

Dann sprach Herr Sommerfeld (Aachen) über „Technische Mechanik". Die neueren Bestrebungen auf technisch-mechanischem Gebiete gehen einerseits auf Sicherstellung der experimentellen Grundlagen, andrerseits auf Nutzbarmachung verschärfter theoretischer Hilfsmittel aus. Die experimentelle Entwickelung der technischen Mechanik ist zum Theil erst durch Schaffung der Ingenieurlaboratorien an unseren Hochschulen ermöglicht. Die Festigkeitsuntersuchungen von Bach und die Prüfung der Erddrucktheorie im Charlottenburger Ingenieurlaboratorium durch Müller-Breslau werden besprochen. Auf die Wichtigkeit der Reibungsfragen im allgemeinen, die nur durch sorgfältige Versuchsreihen zu fördern sind, wird hingewiesen. Die Vorlesungen über technische Mechanik sollten, wie die über Physik und Chemie, durch Demonstrationsversuche unterstützt werden.

Die theoretischen Methoden der technischen Mechanik gehören teils der Statik, teils der noch wenig nach der technischen Seite hin entwickelten Dynamik an. Die Statik elastischer Systeme wird neuerdings durch den Begriff der Formänderungsarbeit beherrscht. Hier gilt besonders der Castiglianische Satz vom Minimum der Formänderungsarbeit. Die Hertzsche Theorie über die Berührung elastischer Körper und seine Definition der Härte, Auerbachs absolute Härtemessungen und Stribeks Bestimmung der zulässigen Belastung eines Kugellagers, sowie die verschiedenen Festigkeitshypothesen werden besprochen. Bei den dynamischen Problemen des Maschinenbaues wird besonders die Schlicksche Theorie des Massenausgleichs behandelt. Als weitere dynamische Probleme werden die Kreiselwirkungen, die elastischen Schwingungen und die Theorie der Lagerreibung hervorgehoben.

An dritter Stelle sprach Herr Fischer (Leipzig) über „Physiologische Mechanik".

Der Vortrag beschäftigte sich mit den Gliederbewegungen der lebenden Körper, insbesondere des Menschen. Redner teilte die Probleme der physiologischen Mechanik ein in kinematische und kinetische Probleme. Von den kinematischen Problemen werden die Vorgänge beim Gelenk untersucht. Es werden die Unterschiede zwischen den im Organismus vorkommenden und den in der Technik verwendeten Gelenken besprochen. Im lebenden Körper haben wir es mit deformierbaren Gelenken zu tun. Es kommen hier nicht nur zwangläufige Gelenke, sondern auch solche von 2 oder 3 Graden der Freiheit vor, die einzeln untersucht werden. Bei den kinetischen Problemen werden die Differentialgleichungen der Bewegung für den lebenden Körper aufgestellt, die durch Einführung gewisser Massensysteme (reduzierte Systeme) und Massenpunkte (Hauptpunkte) innerhalb der einzelnen Körperteile wesentlich vereinfacht worden. Die Hauptpunkte spielen in der Mechanik der lebenden Gelenksysteme eine ähnliche Rolle, wie der Schwerpunkt bei den Bewegungen eines starren Körpers. Es werden zwei Gruppen von kinetischen Bewegungen unterschieden. Die Aufgaben der ersten Gruppe fragen nach den Bewegungen, welche die äußeren und inneren Kräfte den einzelnen Abschnitten des lebenden Körpers erteilen. Die Aufgaben der zweiten Gruppe setzen den Bewegungszustand des lebenden Körpers als bekannt voraus und fragen nach den Kräften, welche diese Bewegungen hervorbringen. Während eine exakte Lösung der Aufgaben der ersten Gruppe zum Teil an der Unmöglichkeit der Integration der Differentialgleichungen scheitert, sind die Aufgaben der zweiten Gruppe im Prinzip immer lösbar.

Im Anschluß hieran sei erwähnt, daß die *zweite Geschäftssitzung* der Gesellschaft insofern ein besonderes Gepräge hatte, als in derselben Beschluß gefaßt werden sollte über einen Antrag des Komitees zur Förderung des biologischen Unterrichts an höheren Schulen. Es waren vom Komitee 9 Thesen aufgestellt, die die Einführung des biologischen Unterrichts begründeten und forderten. Herr Kraepelin (Hamburg) berichtete über den gegenwärtigen Stand der Bewegung für Wiedereinführung des biologischen Unterrichts und empfahl die aufgestellten Thesen zur Annahme. An das Referat schloß sich eine lebhafte Diskussion, an der sich beteiligten die Herren Klein (Göttingen), Ostwald (Leipzig), Voller (Hamburg), Nernst (Göttingen) und Schotten (Halle). Es erfolgte dann die Annahme des von Herrn Klein (Göttingen) vorgeschlagenen Vermittelungsantrages: „Die Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte nimmt die Hamburger Thesen einstimmig an, mit der Maßgabe, daß sie die Frage des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts bei nächster Gelegenheit zum Gegenstand einer umfassenden Verhandlung machen wird."

IV. Abteilung 12: Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht.

Diese Abteilung, die in den letzten Jahren nicht bestanden hatte, war auf der diesjährigen Naturforscherversammlung wieder hergestellt. Doch scheint damit zugleich der endgültige Beweis geliefert zu sein, daß diese Abteilung mindestens überflüssig, wenn nicht gar nachteilig ist. Es tritt auf der Naturforscherversammlung das wissenschaftliche Element so sehr in den Vordergrund, daß für pädagogische Fragen allgemeiner Natur keine Zeit übrig bleibt. Pädagogische Fragen, die die einzelnen Zweige der Naturwissenschaften berühren, können aber auch innerhalb der Abteilung behandelt werden, die den entsprechenden Zweig der Naturwissenschaften vertritt. Dementsprechend war der Besuch dieser Abteilung für naturwissenschaftlichen Unterricht außerordentlich schwach. Von den in der Einladung zur Naturforscherversammlung angemeldeten Vorträgen kam eigentlich nur der Vortrag des Herrn Krebs (Oberelsaß) über „Pädagogik als Experimentalwissenschaft" innerhalb der Abteilung zur Ausführung. An die Stelle der von Herrn Adamczik (Pribram, Böhmen) angemeldeten Vorträge über „Koordinatensysteme" und „Tierkreiszone" trat ein Referat über Adamcziks Anregungen, gehalten von Herrn Völler (Kassel). Herr Prandtl (Hannover) hielt seinen Vortrag: „Über eine einheitliche Schreibweise der Vektorenrechnung im technischen und physikalischen Unterricht nicht, wie noch Tags zuvor im Tageblatt angekündigt, in Abteilung 12, sondern in Abteilung 1: Mathematik, Astronomie und Geodäsie. Herr Grimsehl (Hamburg) suchte und fand

mit seinem Vortrage: „Neue physikalische Unterrichtsapparate" Anschluß an die Abteilung 2 (Physik). Zwar wurde dieser Vortrag nominell in Abteilung 12 gehalten, tatsächlich jedoch vor Abteilung 2, die während dieses Vortrages keine Sitzung hatte. Um den Mitgliedern der Abteilung 2 die Teilnahme an letzterem Vortrage zu erleichtern, wurde er auch in den Sitzungsräumen der Abteilung 2 gehalten.

Herr Grimsehl sprach über „Neue physikalische Unterrichtsapparate". Der Vortragende zeigte eine neue Polwage zur Bestimmung der Polstärke eines Magneten und zur Messung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus. (Vgl. dieses Heft der Zeitschr. S. 334.) Ferner führte er eine Glühlampenlaterne vor, die einen Ersatz bilden soll für die optische Laterne mit elektrischem Bogenlicht. Als wesentlich ist hierbei hervorzuheben, daß in der Glühlampenlaterne in den meisten Fällen eine Nernstlampe, von der die Vorwärmespirale entfernt ist, als Lichtquelle verwandt wird. Für Spektralversuche dient der leuchtende Nernstkörper unmittelbar als Spalt. Das damit erzeugte Spektrum steht an Helligkeit dem mit der Bogenlampe erzeugten nicht nach. Dann zeigte Redner Absorptionsspektren und die objektive Vorführung der Umkehrung der Natriumlinse mit derselben Laterne. Durch ein einfaches Linsensystem wurde dann das vom Nernstkörper ausgestrahlte Licht so vereinigt, daß es als parallel erscheinendes Lichtbündel zur objektiven Darstellung aller bei Prismen und Linsen auftretenden Brechungsverhältnisse geeignet war. Da die Laterne so leicht ist, daß man sie einschließlich ihrer Linsensysteme bequem in der Hand halten und nach allen Richtungen neigen kann, so war die Vorführung der Brechung der Lichtstrahlen in einem mit Wasser gefüllten Gefäß außerordentlich leicht und überraschend. Die Erklärung der Wirkungsweise der optischen Instrumente wurde dadurch wesentlich vereinfacht, daß das auf der Netzhaut des durch ein Modell veranschaulichten Auges entstehende reelle Bild untersucht wurde. Endlich zeigte der Vortragende noch seinen, im vorigen Hefte d. Zeitschrift beschriebenen Demonstrationsapparat für die Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents vor und führte innerhalb einer Minute die Bestimmung und Berechnung des mechanischen Wärmeaquivalents aus.

V. Abteilung für Physik, einschließlich Instrumentenkunde und wissenschaftliche Photographie.

1. Sitzung, Montag, den 21. September. Herr H. Rubens (Charlottenburg) zeigt: „Demonstrationen einiger Versuche mit Reststrahlen von Quarz und Flußspat". Um die langwelligen Strahlen aus dem Spektrum eines strahlenden Körpers zu isolieren, hat Redner die Eigenschaft einiger Mineralien benutzt, in einem eng begrenzten Gebiete des ultraroten Spektrums metallische Reflexion zu zeigen. Redner zeigt die Ausführung dieser Art der Aussonderungen langwelliger Strahlen und hebt hervor, sie sei so einfach, daß es jedem Physiker möglich sei, diese Versuche mit relativ einfachen Hilfsmitteln nachzumachen. Redner benutzt als Strahlungskörper einen Auerstrumpf, dessen durch einen Doppelschirm abgegrenztes Licht der Reihe nach von 3 Platten des reflektierenden Minerals reflektiert wird und dann durch einen versilberten Hohlspiegel auf eine Rubenssche Thermosäule fällt, die sich dadurch auszeichnet, daß sie eine sehr geringe Wärmekapazität hat, also nach der Bestrahlung sofort wieder in den Anfangszustand zurückgeht. Der erzeugte Thermostrom wird durch ein Galvanometer nachgewiesen. Unter Anwendung von Quarzplatten ist die Aussonderung von Strahlen von 9—10 μ, bei Flußspat von 30 μ, bei Steinsalz von 60 μ und bei Sylvin sogar von 70 μ gelungen, Dabei ist die Wellenlänge der Strahlen mittels eines Gitters von $^1/_3$ mm starken Silberdrähten bestimmt. Redner demonstriert darauf die Absorptionsfähigkeit einiger Substanzen für die langwelligen Strahlen. Während Quarz von der Gesamtstrahlung des Auerbrenners ungefähr 50 %, Flußspat 25 %, Steinsalz 10 % und Paraffin beinahe alles absorbiert, zeigt sich bei Verwendung der Quarzreststrahlen folgende Absorptionsfähigkeit: Quarz absorbiert alles, Steinsalz 15 %, Paraffin 95 %. Von den Flußspatreststrahlen läßt Steinsalz fast nichts durch, während Paraffin fast die gesamte Reststrahlung hindurchläßt. Die Benutzung langwelliger Strahlen bestätigt also die von der elektromagnetischen Lichttheorie verlangte Durchlässigkeit des Paraffins.

Darauf spricht derselbe Redner über „Die optischen und elektrischen Eigenschaften der Metalle" nach gemeinsam mit Herrn Hagen angestellten Versuchen (Vgl. d. Zeitschr. *XVI, 294*). Im Anschluß hieran erwähnt Redner, daß es ihm trotz eifrigen Suchens nicht gelungen sei, mit seiner Thermosäule die von Blondlot entdeckten N-Strahlen aufzufinden. In der Diskussion trat zu Tage, daß von den anwesenden Physikern keiner von einem positiven Resultate bei der Wiederholung der Blondlotschen Versuche berichten konnte.

Herr W. Nernst (Göttingen) hielt den Vortrag: „Zur Bestimmung hoher Temperaturen". Die hohen Temperaturen wurden dadurch erzeugt, daß ein Rohr aus reinem Iridium durch einen starken elektrischen Strom zum Glühen gebracht wurde. Mit Hilfe dieses Iridiumofens wurden unter Benutzung einer Iridiumretorte Diamantsplitter verbrannt und die Dampfdichte der sich entwickelnden

und teilweise dissoziierten Dämpfe nach der V. Meyerschen Methode bestimmt. Aus der Dampfdichte und dem Dissoziationsgrade der Dämpfe konnte die Temperatur ermittelt werden. Andererseits wurde die Temperatur nach der Strahlungsmethode durch Vergleich mit der Helligkeit eines elektrolytischen Glühkörpers von bekannter Helligkeit bestimmt. Der Schmelzpunkt des Iridiums wurde dadurch festgestellt, daß das Iridium innerhalb eines röhrenförmigen elektrolytischen Glühkörpers zum Schmelzen gebracht wurde. Um die kleinen Substanzmengen, wie z. B. die zu verbrennenden Diamantsplitter, sicher und genau zu wägen, war vom Vortragenden eine Mikrowage konstruiert, die im Prinzip einer Zeigerwage glich, deren Drehachse aber durch einen Quarzfaden gebildet war. Die Wagschale war ein äußerst kleines Schälchen aus Platin. Der Zeiger der Wage spielte vor einem Spiegelmaßstabe, dessen Skalenwert vorher durch Wägen bekannter Gewichte bestimmt war.

Herr W. Merkelbach (Cassel) führte im Auftrage von Herrn M. Petzold (Chemnitz) die „Projektion von Diapositiven mit stereoskopischer Wirkung“ vor. Die projizierten Diapositive bestanden aus zwei übereinandergelegten Chromgelatinekopien von zwei stereoskopischen Aufnahmen. Die eine dieser Kopien ist in einem Färbbade gelbrot, die andere grünblau gefärbt. Wird nun dieses Doppelbild projiziert, so entsteht auch ein in den beiden Farben erscheinendes, teilweise übereinanderliegendes gefärbtes Doppelbild. Betrachtet man dieses Doppelbild durch eine Brille, deren eines Glas grün, deren anderes rot gefärbt ist, so sieht das eine Auge nur das rote, das andere nur das grüne Bild, welche sich nun in unserer Vorstellung wegen ihrer Verschiedenheit zu dem stereoskopischen Eindruck vereinigen. Eine Reihe solcher Diapositive wurde vorgeführt. Der stereoskopische Effekt war in der Tat sehr gut. (Schluß folgt.)

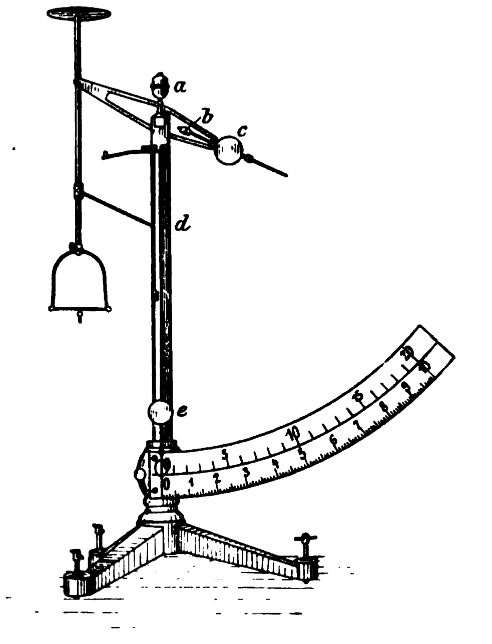
Mitteilungen aus Werkstätten.

Demonstrations-Zeigerwage.

Von Mechaniker W. Schmidt, Gießen, Göthestraße 35.

An der Demonstrations-Zeigerwage wurden von obiger Firma einige Verbesserungen angebracht, die einesteils das Arbeiten mit dem Apparate sehr erleichtern, andererseits das Verwendungsbereich erheblich ausdehnen.

Wie die Abbildung zeigt, ist an der Zeigerseite ein verschiebbares Laufgewicht c angebracht, mit dessen Hilfe eine Tara (Becherglas, Magnet und ähnliches) von vornherein eliminiert werden kann. Will man z. B. die Zunahme des Gewichtes bei einer Verbrennung zeigen, so wird das Röhrensystem mit der Kerze oder der Magnet mit Eisenfeilicht an der Wage befestigt und vor der Entzündung durch Verschieben des Laufgewichtes c der Zeiger auf den Nullpunkt der Skala eingestellt.



Die zweite Verbesserung, durch welche die erste zu ihrer vollen Geltung kommt, besteht in der Möglichkeit, durch einfaches Aufstecken von Gegengewichten d auf einen Zapfen des Zeigers sich mehrere erheblich verschiedene Meßbereiche zu verschaffen. An dem abgebildeten Exemplar stehen beispielsweise die Skalen 0 bis 10 g, 0 bis 20 g, 0 bis 100 g, 0 bis 200 g zur Verfügung; doch kann natürlich auch jeder beliebige andere Umfang des Meßbereichs ausgeführt werden, insbesondere kann die Wage auch als feinere Präzisionswage geliefert werden.

Es ist einleuchtend, daß durch dieses neue Modell ein ganz hervorragendes Unterrichtsmittel geboten wird, mit dessen Hilfe nicht nur die seinerzeit von Hartl (*d. Zeitschrift X, 127*) beschriebenen Versuche und viele andere weit übersichtlicher und rascher angestellt werden können, sondern welches geeignet erscheint, das zeitraubende Arbeiten mit der gleicharmigen Wage ganz aus dem Unterricht zu verdrängen. Der Preis des Apparates beträgt 80 M.

Preisverzeichnis über physikalische Apparate und chemische Geräte. Aus dem physikalisch-technischen Werkstätten von **Meiser** und **Mertig** in Dresden-N. Dies 13066 Nummern

umfassende Verzeichnis legt rühmliches Zeugnis für die Leistungsfähigkeit der Firma ab. Zu den Spezialitäten gehören Kollektionen für Röntgenphotographie und drahtlose Telegraphie, die in verschiedener Ausstattung und Preislage geliefert werden und sich vielfältig Anerkennung erworben haben.

Korrespondenz.

Herr Dr. Alois Höfler, bisher Professor am Gymnasium der K. K. Theresianischen Akademie in Wien und Privatdozent an der dortigen Universität, ist zum o. Professor der Pädagogik an der deutschen Universität in Prag ernannt worden. Wir können zu unserer Freude mitteilen, daß dadurch in dem Verhältnis des Herrn Prof. Höfler zu unserer Zeitschrift keine Änderung hervorgerufen wird.

Als „Sonderhefte“ dieser Zeitschrift erscheinen von jetzt an die Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft, herausgegeben von F. Poske, A. Höfler und E. Grimsehl. Gleichzeitig mit dem vorliegenden Heft der Zeitschrift wird Heft 1 ausgegeben: Die Glühlampe im Dienst des physikalischen Unterrichts von Professor Ernst Grimsehl (60 S. und 40 Figuren, M 2,—. Wir machen unsere Leser und Freunde auf diese wichtige Ergänzung unserer Zeitschrift aufmerksam und hoffen damit sowohl dem physikalisch-chemischen Unterricht, als auch dem naturwissenschaftlichen Unterricht im allgemeinen zu dienen.

Über Schülerversuche mit einfachen Mitteln im Unterricht selbst macht Herr Prof. Dr. Maurer in Eberbach (Baden) folgende Mitteilungen:

Für 2 wöchentliche Physik- und 2 Chemiestunden hat unsre Realschule ein Klassenzimmer, das auch sonstigem Unterricht dient, und ein kleines Sammlungs- und Vorbereitungszimmer. Die Sitzreihen sind nicht erhöht. 7÷8 Arbeitsplätze für je 2 Schüler sind beschafft durch ein Fensterbrett, ein Wandbrett von 3,3 × 0,5 qm, 0,9 m hoch, vorn mit flacher Rinne und einigen Löchern darin, und 2 bewegliche Tische von je 1 × 0,67 qm, 0,8 m hoch, die den Experimentiertisch ersetzen. Zu diesen gehört eine Λ‾‾|____|‾‾Λ-förmige Gasleitung, deren Mittelstück unter dem Fußboden liegt und deren Endstücke für die darüber gestellten Tische je 2 Schlauchdüsen darbieten. Die billigen Marshall-Brenner möchte ich für Zwecke, wo bald große, bald kleine Flammen erforderlich sind, nicht empfehlen, da eine kleine Flamme leicht zurückschlägt.

In den vereinigten Klassen O III und U II waren 21 + 7 Schüler. Während eine Hälfte experimentierte, wurde die andere mit Zeichnen und Notizenmachen, so gut es ging, beschäftigt. Die Versuche wurden stets vom Lehrer vorgemacht. Die beiden Physikstunden folgten, nur durch eine Pause getrennt, aufeinander. So war es möglich, eine Reihe verschiedener Übungen, wie No. 1÷8, 10÷14 (s. u.), von der ganzen Klasse oder doch dem größten Teil ohne Unterbrechung durchmachen zu lassen. Leichter ist es, allen Gruppen den gleichen Versuch aufzugeben (No. 9, 20÷30). No. 15 bis 18 wurden gemeinsam im Freien angestellt. Zur Ausführung gelangten die folgenden einfachen Versuche über Schall und Wärme.

Schall: 1. Stahlstreifen im Schraubstock, 2. Eisendraht im Feilkloben: Schwingungen bei verschiedener Länge des freien Teils; 3. Eingespannte Zinkscheibe mit dem Violinbogen zum Tönen zu bringen — mehrere Töne, auch bei Nr. 4 und 5; 4. Eisenstab mit Hämmerchen anschlagen; 5. Monochordsaite anstreichen; 6. Stimmgabel und aufgehängtes Siegellackkügelchen; 7. Schwingender Stahlstreifen mit Laufgewicht; 8. Wasserwellen in einer tönenden Glasglocke; 9. Ein 2 m langer Bindfaden wird um Kopf und Ohren gelegt, vom 2. Schüler gespannt, gedrillt und gezupft — „künstlicher Donner“; 10. Knotenpunkte am geschwungenen Kautschukschlauch; 11. Knotenlinien auf einem Glaslineal (Hämmerchen, Streusand, Faden zum Auflegen zwischen 2 durchlochten Backsteinen); 12. Knotenlinien auf der Stimmgabel (1. Oberton), 13. auf Zink- und Glasscheiben.

Schallfortpflanzung: 14. Taschenuhr, Holzstab; 15. (s. o.) Fadentelephon; 16. Echo; 17. Zurückwerfungsgesetz: Die Schüler wurden auf einer Straße ‖ der Fläche eines Brückenpfeilers, symmetrisch zum Einfallslot in Gruppen (0, ± 1, ± 2, . . .) verteilt; klatschte + 4, so hörten wegen der Breite des Pfeilers — 3, — 4, — 5 den Schall doppelt; 18. Fortpflanzung des Schalls ums Eck: Der Laut ß wird mehr abgeschwächt als a, o, u; 19. Schwingungszahl des a′: Schüler 1 schlägt wiederholt die Stimmgabel an, 2 bläst gegen die Sirene, 3 dreht die Kurbel, sodaß beide Töne möglichst genau gleichhoch sind, 4 zählt die Kurbelumdrehungen während 30 Sek.; 20. Saitengesetze: Die an der Tür oder Fensterklinke befestigte Doppelschnur gestattet qualitative Beobachtung der Abhängigkeit der Schwingungszahl von Länge, Spannung, Masse (1 oder 2 Schnüre); 21. Monochord:

Ein Bindfaden ist über 2 prismatische Holzklötzchen um den Tisch gespannt und mit 2 halben Backsteinen belastet, freie Länge 45 cm; Maßstab; Tonleiter.

Wärme: 22. Anfertigung eines Heronsballs; 23. bis 26. Einfluß von Druck (Hineinblasen) und Temperatur auf eine im Heronsball enthaltene Luft- oder Wassermenge; 27. Ausdehnung von Metallstäben beim Erwärmen (auf Glas rollende Stecknadel mit Strohhalm als Zeigerwalze, Spitze des Heronsballs als feste Marke); 28. Sieden des Wassers im Jenaer Erlenmeyerkölbchen; 29. Destillation durch ein ╗ Rohr in ein gekühltes Probierglas; 30. Das Gefrieren von Wassertropfen auf einem Objektträger vor dem Fenster.

Die Versuche sind teils den Anleitungen von Meiser und Mertig, Dresden (Physik, 400 Versuche; Physik, 40 Dispositionen), teils den Kolumbus-Eiern (Union, Stuttgart) entlehnt, teils allbekannt; es besteht wohl auch anderwärts das Bedürfnis nach einem Sammelwerk über Freihandversuche, wie es Schwalbe geplant hat. [Ist bereits in Vorbereitung. D. R.]

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

J. Classen, Theorie der Elektrizität und des Magnetismus. I. Bd. Elektrostatik und Elektrokinetik. Mit 21 Fig. Leipzig, G. J. Göschen, 1903. 184 S. geb. M 5. — **F. Exner** und **E. Haschek**, Wellenlängen-Tabellen für spektralanalytische Untersuchungen. II. Teil. Leipzig und Wien. F. Deuticke. 213 S. M 25. — **C. Christiansen** und **J. C. Müller**, Elemente der theoretischen Physik. II. Aufl. Mit 160 Fig. im Text. Leipzig, J. A. Barth, 1903. 532 S. M 10. — **A. Wernicke**, Lehrbuch der Mechanik in elementarer Darstellung. In 2 Teilen. I. Mechanik fester Körper. 3. (Schluß-)Abteil. 4. Aufl. Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn, 1903. 825 S. M 10. geb. M 11. — **E. Warburg**, Lehrbuch der Experimentalphysik für Studierende. Mit 421 Abb. 7. Aufl. Tübingen u. Leipzig, J. C. B. Mohr, 1903. 413 S. M 7, geb. M 8. — **L. Harperath**, Sind die Grundlagen der heutigen Astronomie, Physik, Chemie haltbar? Berlin 1903. Mayer u. Müller. 67 S. M 1. — **F. Dannemann**, Grundriß einer Geschichte der Naturwissenschaften. II. Bd. Die Entwickelung der Naturwissenschaften, 3. neu bearbeitete Aufl. Mit 87 Abb. Leipzig, W. Engelmann, 1903. 450 S. M 10, geb. M 11. — **A. Nippoldt** jun., Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht. Mit 3 Tafeln und 14 Fig. Leipzig, G. J. Göschen. 1903. 136 S., M 0,80. — **E. Rehbein**, Grundgesetze der Mechanik und ihre Anwendung in der Maschinentechnik. Leipzig., M. Schäfer, 1903. 128 S. M 2,50. — **Heinz Bauer**, Telegraphie ohne Draht, Röntgenstrahlen, Teslalicht. Eine Einführung in die neueren elektrophysikalischen Forschungen u. s. w. Berlin, Karl Duncker, 1903. 230 S. M 3 — **B. Monasch**, der elektrische Lichtbogen bei Gleichstrom und Wechselstrom und seine Anwendungen. Mit 141 Fig. Berlin, Julius Springer, 1904. 288 S. M 9. — **L. Rellstab**, die elektrische Telegraphie (Sammlung Göschen No. 172). Mit 19 Fig. 122 S. M 0,80. — **J. Kollert**, Katechismus der Physik, 6. Aufl. Mit 364 Abb. Leipzig, J. J. Weber, 1903. 593 S. M 7. — **J. Kleiber**, Lehrbuch der Physik für humanistische Gymnasien, 2. Aufl. Mit 392 Fig. München u. Berlin, 1903. R. Oldenbourg. 319 S. — **H. Püning**, Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen, 3. Aufl. Münster i. W., 1903, Aschendorff. 352 S. M 3,60. — **P. Meutzner**, Lehrbuch der Physik. Mit zahlreichen Abb. 5. Aufl. Leipzig. O. R. Reisland, 1903. 286 S. M 2,80. — **E. Weighardt**, Mathematische Geographie, 2. Aufl. Bühl (Baden). Aktiengesellschaft Konkordia, 1902. 45 S. M 0,60. **F. Körner**, Naturlehre für gewerbliche Lehranstalten: Physik. Mit 156 Abb. M 1,20; Chemie. Mit 14 Abb. Wien und Leipzig, F. Deuticke, 1904. M 1. — **J. H. van 'tHoff**, Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie. 3. Heft. Mit Text-Abb. 2. Aufl. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1903. 155 S. M 4. — **M. Le Blanc**, Lehrbuch der Elektrochemie. 3. Aufl. Mit 31 Fig. Leipzig, O. Leiner, 1903. 284 S. M 6. — **W. Ostwald**, Die Schule der Chemie. Erste Einführung in die Chemie für Jedermann. I. Teil: Allgemeines. Mit 46 Abb. Braunschweig, Fried. Vieweg und Sohn, 1903. 186 S. M 4,80, geb. 5,50. — **A. Classen**, Ausgewählte Methoden der analytischen Chemie. 2. Bd. Mit 133 Abb. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1903. 831 S. M 20. — **E. Bloch**, A. Werners Theorie des Kohlenstoffatoms und die Stereochemie der karbocyklischen Verbindungen. Mit 48 Fig. Wien und Leipzig, 1903. C. Fromme. M 3. — **A. Jolles**, Über Wasserbegutachtung. Leipzig und Wien, 1903. F. Deuticke. 29 S. M 1. — **K. A. Redlich**, Anleitung zur Lötrohranalyse. 2. Aufl. Mit 8 Abb. Leoben. 1903. L. Nüßler. 32 S. — **Greßlers** Lehr- und Lernbücher für den realistischen Unterricht. I. Physik und Chemie, von **G. Melinat.** Langensalza, 1903. F. G. Greßler. 218 S. M 1. — **W. Ramsay**, Einige Betrachtungen über das periodische Gesetz der Elemente. Leipzig, J. A. Barth, 1903. 29 S. M 1. — **O. Lubarsch**, Elemente der Experimental-Chemie. 2. Aufl. Mit 118 Fig. Berlin, J. Springer, 1904. 357 S.

Himmelserscheinungen im Dezember 1903 und Januar 1904.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Dezember							Januar					
		1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25	30
☿	AR	$16^h 48^m$	17.22	17.56	18.31	19. 4	19.36	20. 2	20.18	20.19	20. 0	19.33	19.16	19.13
	D	-24^0	-25^0	-26^0	-26^0	-25^0	-24^0	-22^0	-20^0	-18^0	-18^0	-18^0	-19^0	-20^0
♀	AR	$13^h 22^m$	13.42	14. 3	14.24	14.46	15. 9	15.32	15.55	16.19	16.44	17. 9	17.35	18. 0
	D	− 6	− 8	− 10	− 12	− 13	− 15	− 16	− 18	− 19	− 20	− 21	− 22	− 22
☉	AR	$16^h 25^m$	16.47	17. 9	17.31	17.53	18.15	18.38	19. 0	19.22	19.43	20. 5	20.26	20.46
	D	− 22	− 22	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 23	− 22	− 21	− 20	− 19	− 18
♂	AR	$19^h 34^m$	19.50	20. 7	20.23	20.39	20.55	21.11	21.27	21.42	21.57	22.12	22.27	22.42
	D	− 23	− 22	− 22	− 21	− 20	− 19	− 17	− 16	− 15	− 14	− 12	− 11	− 9
♃	AR		23. 5		23. 9		23.14		23.20		23.26		23.33	
	D		− 7		− 7		− 6		− 6		− 5		− 4	
♄	AR	$20^h 30^m$							20.45					
	D	− 20							− 19					
☉	Aufg.	$7^h 49^m$	7.56	8. 2	8. 7	8.11	8.13	8.14	8.13	8.11	8. 7	8. 2	7.56	7.49
	Unterg.	$15^h 48^m$	15.45	15.44	15.44	15.45	15.48	15.52	15.57	16. 4	16.11	16.20	16.29	16.38
☾	Aufg.	$14^h 23^m$	18. 5	—	5. 6	9.26	11.38	14. 1	19.26	0.37	5.57	8.57	10.54	14.26
	Unterg.	$3^h 22^m$	9. 4	12.15	14.37	18.42	23.56	4.30	9.14	11.41	14.45	19.37	—	5.24
Sternzeit im mittl. Mittg.		$16^h 36^m 31^s$	16.56.14	17.15.57	17.35.40	17.55.22	18.15. 5	18.34.48	18.54.31	19.14.14	19.33.56	19.53.39	20.13.22	20.33. 5
Zeitgl.		$-11^m 13^s$	− 9.16	− 7. 5	− 4.44	− 2.16	+ 0.14	+ 2.41	+ 5. 2	+ 7.12	+ 9.10	+ 10.52	+ 12.15	+ 13. 7

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Dez. 18, $22^h 26^m$ Jan. 17, $16^h 47^m$	Dez. 27, $3^h 23^m$ Jan. 25, $21^h 41^m$	Dez. 4, $19^h 13^m$ Jan. 3, $6^h 47^m$	Dez. 11, $11^h 53^m$ Jan. 9, $22^h 10^m$

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Dezember	zuletzt kurze Zeit abends im SW sichtbar	als Morgenstern 4—3¼ St. sichtbar	ca. 1¾ Stunden lang abends im SW sichtbar	abends zuletzt noch 5 Stunden lang im SW sichtbar	zuletzt nur noch ¾ Std. lang abends im SW sichtbar
im Januar	bis zum 11. im SW, Ende des Monats morgens im SO kurze Zeit sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer des Morgensterns sinkt bis auf 1¾ Stunden	ca. 1½ Stunden abends im W sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf 3 Stunden	wird um die Mitte des Monats unsichtbar

Phänomene der Jupitermonde.

	M.E.Z.			M.E.Z.			M.E.Z.	
Dez. 3	$21^h 31^m 37^s$	I A.	Dez. 15	$22^h 22^m 8^s$	II A.	Jan. 4	$18^h 11^m 24^s$	I A.
8	17 8 41	II E.	19	19 51 36	I A.	9	19 35 55	II A.
8	19 44 19	II A.	26	21 47 6	I A.	11	20 6 46	I A.
12	17 56 3	I A.	27	18 40 17	III A.	27	18 26 3	I A.
15	19 46 43	II E.	Jan. 3	19 53 50	III E.	31	16 56 56	IV E.
							18 23 29	IV A.

Sternbedeckungen für Berlin:

Dez. 7,	λ Gemin.	Eintr.: $6^h 45^m,9$ M.E.Z.,	Q = 96°;	Austr.: $7^h 42^m,9$ M.E.Z.	Q = 285°.
Jan. 1,	α Tauri.	- $1^h 51^m,6$ -	Q = 161°;	- $2^h 8^m,8$ -	Q = 192°.
- 5/6,	o Leonis.	- $23^h 22^m,0$ -	Q = 127°;	- $0^h 23^m,6$ -	Q = 265°.
- 31,	λ Gemin.	- $4^h 8^m,1$ -	Q = 95°;	- $5^h 0^m,9$ -	Q = 285°.

Veränderliche Sterne:

Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.	
Dez. 3		R Lyrae-Max.	Dez. 23	$21^h 27^m$	Algol-Min.	Jan. 12	$23^h 9^m$	Algol-Min.
3	$19^h 44^m$	Algol-Min.	26	$18^h 16^m$	Algol-Min.	15	$19^h 58^m$	Algol-Min.
						18	$16^h 47^m$	Algol-Min.

Dr. F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Namen-Verzeichnis.

Bei Original-Beiträgen sind die Namen der Verfasser gesperrt gedruckt.

Sach-Verzeichnis.

Bei Original-Beiträgen sind die Namen der Verfasser gesperrt gedruckt.